



**M** 2014

# **AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA DE UMA EMPRESA**

**ANDRÉ FILIPE FARIA CORDEIRO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM

**MIEA – MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**



**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2013/2014**

**Avaliação da Pegada Hídrica de uma Empresa**

André Filipe Faria Cordeiro

Dissertação submetida para obtenção do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Presidente do Júri:** Cidália Maria de Sousa Botelho

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da  
Universidade do Porto

---

**Orientador Académico:** Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade  
do Porto

**Orientador na Empresa:** Nuno Filipe Fernandes Leite de Oliveira

Diretor Técnico





## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia e à Engenheira Vanessa Martins Ramos, pela orientação e apoio prestado durante a realização deste trabalho.

Ao Sr. Carlos José Carvalho, pela oportunidade de realização deste trabalho, bem como, por todo o acompanhamento e auxílio prestado no esclarecimento de dúvidas.

Ao Doutor Nuno Filipe Fernandes Leite de Oliveira, pelos conhecimentos transmitidos acerca da empresa, pela orientação e apoio prestado durante a realização do trabalho.

A todos os funcionários da Carvema Têxtil Lda., pela ajuda e simpatia demonstrada ao longo do estágio.

À família, principalmente aos pais, por todo apoio prestado ao longo dos anos.

Aos amigos, por toda a ajuda e apoio prestado ao longo de todo o ciclo de estudos.



## RESUMO

A importância e o interesse do estudo da pegada hídrica tem vindo a aumentar devido ao reconhecimento que os impactos nos sistemas de água doce estão relacionados com o consumo humano. A pegada hídrica surge como um conceito inovador, para a medição da apropriação da água pelo Homem. A utilização deste indicador é vista como uma forma de compreensão dos problemas de escassez de água, e assim promover a realização de medidas para a sua resolução.

Este estudo teve como objetivo principal, a avaliação da pegada hídrica da Carvema (empresa têxtil com atividade no setor de tinturaria e acabamentos de malha). Para tal, seguiu-se a metodologia global apresentada no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica (MAPH), cuja publicação ocorreu no ano de 2011. Numa fase inicial, e em paralelo com o estudo da metodologia para avaliação da pegada hídrica, foram acompanhados alguns processos de tingimento (partidas), para uma melhor perceção das técnicas utilizadas e assim definir um método de trabalho mais preciso.

De seguida, adaptou-se essa metodologia à realidade da empresa. A pegada hídrica foi, assim, avaliada, adaptando a metodologia existente, segundo duas componentes: 1) a pegada hídrica operacional ou direta e 2) a pegada hídrica da cadeia de abastecimento ou indireta. Como período de análise, optou-se por seleccionar o ano de 2013, visto que a empresa trabalhou na sua capacidade máxima, durante este período.

Neste estudo, foi obtida uma pegada hídrica operacional de 1 593 327 m<sup>3</sup> para o ano de 2013, que corresponde a cerca de 490 m<sup>3</sup> de água por cada tonelada de malha processada. Este valor da pegada hídrica operacional foi calculado, com o somatório da soma da pegada hídrica azul (59 075 m<sup>3</sup>), da pegada hídrica cinza (1 534 252 m<sup>3</sup>) e da pegada hídrica verde (0 m<sup>3</sup>). Devido à ausência de informação suficiente, optou-se por não destacar a pegada hídrica adicional. No entanto, esta componente não representa um valor significativo, em relação aos consumos do setor industrial.

Para o cálculo da pegada hídrica da cadeia de abastecimento, foi considerada a pegada hídrica da energia consumida. O valor total da pegada hídrica da cadeia de abastecimento é de 35 966 m<sup>3</sup>, que corresponde a cerca de 11 m<sup>3</sup> de água consumida indiretamente, por tonelada de malha processada. Em relação aos produtos químicos, devido à falta de dados e à grande diversidade de produtos, não foi possível incluir a pegada hídrica associada à elaboração desses produtos. Para os consumos energéticos considerou-se a pegada hídrica associada aos consumos de energia elétrica, de gás natural e de gasóleo, obtendo-se um consumo indireto de 22 996 m<sup>3</sup>, de 12 664 m<sup>3</sup> e de 306 m<sup>3</sup> de água, respetivamente.

Com base nos valores das duas componentes apresentadas, conclui-se que a pegada hídrica da empresa no ano de 2013 foi de 1 629 293 m<sup>3</sup> (que corresponde a cerca de 501 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha processada). Em relação ao valor total, a pegada hídrica cinza representa cerca de 94 % do valor total, a pegada hídrica azul representa cerca de 4 % e as restantes componentes calculadas representam, aproximadamente 2 %. Concluiu-se ainda que, a pegada hídrica operacional determinada é superior à pegada hídrica da cadeia de abastecimento





## ABSTRACT

The importance and interest of the water footprint study has increased due to the recognition that impacts on freshwater systems are related to human water consumption. The water footprint emerged as an innovative concept for measuring the appropriation of water by mankind. The use of this indicator is seen as a way to understand water scarcity problems, and thus promote realization of measures for their resolution.

The main goal of this study was the water footprint assessment of Carvema, a textile company with activity in textile dyeing and finishing. For this purpose, the global methodology presented in the Water Footprint Assessment Manual (published in 2011) was followed. Initially, and in parallel with the study of the methodology for assessing the water footprint, some dyeing processes were monitored for a better perception of the techniques used and for defining a more precise working method.

Then the method to evaluate water footprint was studied and adapted to the reality of the company. The water footprint was assessed by adapting the existing methodology, according to two components: 1) operational or direct water footprint and 2) the supply chain or indirect water footprint. As period of analysis, the year 2013 was selected, since the company worked in full capacity during this period.

In this study, an operational water footprint of 1 593 327 m<sup>3</sup> was obtained for the year 2013 (which corresponds to about 490 m<sup>3</sup> per ton of processed fabrics). This operational water footprint was calculated for the year 2013 by the sum of the blue water footprint (59 075 m<sup>3</sup>), the grey water footprint (1 534 252 m<sup>3</sup>) and the green water footprint (0 m<sup>3</sup>). Due to the absence of sufficient information, the additional water footprint was not highlighted since this component does not represent a significant value in relation to the consumption of the industrial sector.

To calculate the water footprint of the supply chain the water footprint of the consumed energy was considered. The total water footprint of the supply chain was 35 966 m<sup>3</sup>, which corresponds to about 11 m<sup>3</sup> of consumed water per ton of processed fabrics. Regarding chemicals, the water footprint related to their production was not obtained due to the wide variety of the used products as well as the lack of data. For energy consumption it was considered the water footprint associated to the electricity, natural gas and diesel consumption, allowing obtaining an indirect consumption of 22 996 m<sup>3</sup> of 12 664 m<sup>3</sup> and 306 m<sup>3</sup> of water, respectively.

Based on the values of the two presented components, it was concluded that the water footprint of the company in 2013 was 1 629 293 m<sup>3</sup> (which corresponds to about 501 m<sup>3</sup> per ton of processed fabrics). It was concluded that the grey water footprint corresponded to about 94 % of the total value, the blue water footprint to about 4 % and the remaining calculated components to approximately 2 %. It was also concluded that the operational water footprint was higher than the supply chain water footprint.



## ÍNDICE DE TÍTULOS

Agradecimentos .....	i
Resumo .....	ii
Abstract.....	iii
Índice de Títulos .....	iv
Índice de Figuras .....	vi
Índice de Tabelas .....	vii
Notação e Glossário .....	viii
1. Introdução .....	1
1.1. Enquadramento e apresentação do projeto .....	1
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Contributos do trabalho .....	4
1.4. Organização da dissertação.....	4
2. Pegada Hídrica .....	6
2.1. Evolução do conceito .....	6
2.2. Modo de avaliação e aplicações .....	8
2.3. Tipos de pegada hídrica.....	9
2.3.1. Pegada hídrica azul.....	9
2.3.2. Pegada hídrica verde.....	10
2.3.3. Pegada hídrica cinza .....	11
2.4. Pegada hídrica de uma empresa .....	12
2.4.1. Limites organizacionais .....	14
2.4.2. Metodologia de cálculo .....	15
3. Caso de Estudo – Carvema Têxtil.....	17
3.1. Enquadramento do setor.....	17
3.1.1. A indústria têxtil e do vestuário.....	17
3.1.2. Recursos hídricos e seus usos .....	19
3.2. História e instalações da Carvema.....	23
3.2.1. Certificados e responsabilidades .....	25
3.3. Processo produtivo e equipamentos .....	25
4. Pegada Hídrica da Carvema.....	28
4.1. Metodologia adotada e limites considerados .....	28
4.2. Pegada hídrica operacional.....	30
4.2.1. Diretamente associada à elaboração do produto.....	30
4.2.2. Pegada hídrica adicional .....	38
4.3. Pegada hídrica da cadeia de abastecimento .....	39
4.3.1. Diretamente associada à elaboração do produto .....	39
4.3.2. Pegada hídrica adicional .....	41

4.4.	Pegada hídrica total e opções de melhoria .....	46
5.	Conclusões .....	49
5.1.	Análise global .....	49
5.2.	Análise dos objetivos realizados .....	51
5.3.	Limitações e trabalho futuro .....	52
5.4.	Apreciação final.....	52
	Referências.....	54
	Anexos.....	57
A.	Definições .....	57
B.	Diagrama geral de fabrico .....	58
C.	Fibras têxteis .....	59
D.	Operações realizadas no setor de acabamentos .....	60
E.	Diagrama geral de um processo de tingimento .....	61
F.	Componentes da TRH .....	62
G.	Valores referência para a classificação do SNIRH .....	64
H.	Cálculos relativos à pegada hídrica cinza.....	65
I.	Dados relativos ao escoamento anual médio .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Variação do consumo absoluto (A) e do consumo relativo (B) por setor entre 2000 e 2009 em Portugal. (adaptado do PNUEA <sup>[13]</sup> ) .....	2
Figura 2 – Variação das perdas relativas de água por setor entre 2000 e 2009 em Portugal. (Adaptado PNUEA <sup>[13]</sup> ) .....	3
Figura 3 – Esquema representativo dos componentes da pegada hídrica e exclusão do uso não consuntivo da água. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup> ).....	7
Figura 4 – Esquematisação das fases para avaliação completa de uma pegada hídrica. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup> ) .....	8
Figura 5 – Relação entre as várias aplicações da pegada hídrica. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup> ) .....	9
Figura 6 – Componentes para o cálculo da pegada hídrica de uma empresa. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup> )	13
Figura 7 – Regiões Hidrográficas de Portugal Continental. ....	20
Figura 8 – Localização da Carvema na bacia hidrográfica do Cávado. (adaptado PGRH - Anexo 3 <sup>[35]</sup> ) ...	22
Figura 9 – Vista aérea das instalações da Carvema. ....	23
Figura 10 – Esquema representativo das principais atividades e setores da Carvema.....	24
Figura 11 – Jet utilizado em processos de tingimento de malha. ....	26
Figura 12 – Relação entre o volume de água captado ( $m^3$ ) e a quantidade de malha processada (t). ....	32
Figura 13 – Relação da quantidade de malha processada (t) com as perdas de água ( $m^3$ ). ....	33
Figura 14 – Relação entre o volume de água captado ( $m^3$ ) e as perdas de água ( $m^3$ ). ....	33
Figura 15 – Classes das massas de água da bacia hidrográfica do Cávado. (adaptado SNIRH <sup>[37]</sup> ) .....	36
Figura 16 – Diagrama geral de fabrico da Carvema Têxtil. ....	58
Figura 17 – Diagrama geral de um processo de tingimento <sup>[E1]</sup> . ....	61



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Componentes propostos para o cálculo da pegada hídrica operacional. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup> ) .....	12
Tabela 2 – Componentes propostos para o cálculo da pegada hídrica da cadeia de abastecimento. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup> ) .....	13
Tabela 3 – Localização das empresas do setor têxtil e do vestuário em Portugal. (adaptado INE) .....	18
Tabela 4 – Escoamentos médios e áreas das bacias hidrográficas que constituem a RH 2. (adaptado PGRH <sup>[34]</sup> ) .....	19
Tabela 5 – Representatividade dos setores económicos da RH 2. (adaptado PGRH <sup>[34]</sup> ) .....	20
Tabela 6 – Produtividade e necessidade de utilização consuntiva da água. (adaptado PGRH <sup>[34]</sup> ) .....	21
Tabela 7 – Usos consuntivos de água por sub-bacia para a RH 2. (adaptado PGRH <sup>[34]</sup> ) .....	21
Tabela 8 – Empresas do setor têxtil e do vestuário na região do Cávado e no concelho de Barcelos. (adaptado INE) .....	22
Tabela 9 – Quantidade de malha processada pela Carvema ao longo do ano de 2013. ....	29
Tabela 10 – Consumos de água da Carvema no ano de 2013. ....	29
Tabela 11 – Dados relativos a 2013 para o cálculo da pegada hídrica azul. ....	31
Tabela 12 – Caracterização do efluente descarregado para o rio Cávado no ano de 2013. ....	35
Tabela 13 – Valores de referência para a classificação das massas de água. (adaptado SNIRH <sup>[37]</sup> ) .....	36
Tabela 14 – Valor assumidos para a concentração máxima segundo o Decreto-Lei nº236/98. ....	37
Tabela 15 – Pegada hídrica cinza com base no poluente mais crítico. ....	37
Tabela 16 – Consumo de produtos químicos por categoria e por setor no ano de 2013. ....	40
Tabela 17 – Pegada hídrica total das etapas para obtenção do gás natural. <sup>[38]</sup> .....	41
Tabela 18 – Conversão dos valores do consumo de gás natural para o ano de 2013. ....	42
Tabela 19 – Pegada hídrica associada ao consumo de gás natural na Carvema em 2013. ....	42
Tabela 20 – Consumo de eletricidade na Carvema no ano de 2013. ....	43
Tabela 21 – Pegada hídrica média associada às tecnologias de produção de eletricidade <sup>[40][41]</sup> . ....	44
Tabela 22 – Origem da energia elétrica da Galp no ano de 2013 <sup>[42]</sup> . ....	44
Tabela 23 – Pegada hídrica associada ao consumo elétrico para o ano de 2013. ....	45
Tabela 24 – Dados relativos à pegada hídrica associada ao consumo de gasóleo. ....	46
Tabela 25 – Comparação da pegada hídrica da Carvema. ....	47
Tabela 26 – Principais resultados da análise da pegada hídrica da Carvema para o ano de 2013. ....	50
Tabela 27 – Valor base da taxa aplicada para o cálculo da componente A. ....	62
Tabela 28 – Valor base da taxa aplicada para o cálculo da componente E. ....	62
Tabela 29 – Valores de referência para todos os parâmetros considerados pelo SNIRH <sup>[G1]</sup> .....	64
Tabela 30 – Pegada hídrica para todos os poluentes caracterizados. ....	65
Tabela 31 – Dados relativos à monitorização ao escoamento mensal relativos a 1980, 1981, 1982, 1987 e 1989 <sup>[1]</sup> .....	66





## NOTAÇÃO E GLOSSÁRIO

### GRUPOS DIMENSIONAIS EM M, L, T, $\theta$

- Massa – M
- Comprimento – L
- Tempo – T
- Volume – L<sup>3</sup>

### LISTA DE SIGLAS

APA – Agência Portuguesa do Ambiente;

ARH – Administração de Região Hidrográfica;

CBO<sub>5</sub> – Carência bioquímica de oxigénio a 5 dias;

CQO – Carência química de oxigénio;

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais;

EU – União Europeia;

IGCC – *Integrated Gasification Combined-Cycle*;

INAG – Instituto da Água, I.P.;

INE – Instituto Nacional de Estatística;

MAPH – Manual de Avaliação da Pegada Hídrica;

MO – Matéria oxidável;

N – Azoto total;

ONG's – Organizações Não Governamentais;

P – Fósforo total;

PCi – Poder Calorífico inferior;

PCs – Poder Calorífico superior;

PGRH – Planos de Gestão de Região Hidrográfica;

PNUEA - Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água;

RH – Região Hidrográfica;

SNIRH – Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos;

SST – Sólidos Suspensos Totais;

TRH – Taxa de Recursos Hídricos;

UNESCO-IHE - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - Instituto da Engenharia Hidráulica e Ambiental;

VAB – Valor Acrescentado Bruto;

VLE – Valor Limite de Emissão;

WFN – *Water Footprint Network*;

WWF – *World Wild Found for Nature*;

## VARIÁVEIS DE EQUAÇÕES

$C_{cap}$  – Concentração de determinado poluente na água captada;

$C_{eff}$  – Concentração de determinado poluente no efluente;

$C_{máx}$  – Concentração máxima aceitável de determinado poluente;

$C_{nat}$  – Concentração natural de determinado poluente no corpo de água;

$E[p]$  – Valor económico do produto final  $p$ ;

$I[x,i]$  – Volume do produto  $i$  proveniente do fornecedor  $x$ ;

$P$  – Carga poluente;

$P[p]$  – Volume do produto final  $p$ ;

$P^*[u,p]$  – Volume de produção do produto final  $p$  da unidade  $u$  para outra unidade da mesma empresa;

$PH_{cinza}$  – Pegada hídrica cinza;

$PH_{emp,cad,adic}$  – Pegada hídrica adicional da cadeia de abastecimento;

$PH_{emp,cad,ins}$  – Pegada hídrica da cadeia de abastecimento diretamente associada aos *inputs*;

$PH_{emp,oper,adic}$  – Pegada hídrica operacional adicional;

$PH_{emp,oper,ins}$  – Pegada hídrica operacional diretamente associada à elaboração do produto;

$PH_{emp,oper}$  – Pegada hídrica operacional;

$PH_{emp,tot}$  – Pegada hídrica total de uma empresa;

$PH_{emp}$  – Pegada hídrica de uma unidade da empresa;

$PH_{emp}[u]$  – Pegada hídrica da unidade  $u$  de uma empresa;

$PH_{emp,cad}$  – Pegada hídrica da cadeia de abastecimento;

$PH_{proc,azul}$  – Pegada hídrica azul;

$PH_{proc,verde}$  – Pegada hídrica verde;

$PH_{prod}$  – Pegada hídrica do produto;

$PH_{prod}[p]$  – Pegada hídrica do produto final  $p$ ;

$PH_{prod}[u,p]$  – Pegada hídrica do produto final  $p$  da unidade  $u$  para outra unidade da mesma empresa;

$PH_{prod}[x,i]$  – Pegada hídrica do produto  $i$  proveniente do fornecedor  $x$ ;

$T_{máx}$  – Temperatura máxima aceitável;

$T_{nat}$  – Temperatura natural da água captada;

$T_{cap}$  – Temperatura da água captada;

$T_{\text{efl}}$  – Temperatura do efluente;

$V_{\text{cap}}$  – Volume de água captado;

$V_{\text{efl}}$  – Volume de efluente;

## **UNIDADES**

“,” – Separador decimal;

GJ – Gigajoule;

hm<sup>3</sup> – Hectômetro cúbico;

Kj – Quilojoule;

l – litro;

m<sup>3</sup> – Metro cúbico;

M€ – Milhões de euros;

Mm<sup>3</sup> – Milhões de metros cúbicos;

MJ – Megajoule;

MWh – Megawatt-hora;

UP – Unidades de produto;



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO E APRESENTAÇÃO DO PROJETO

Com o passar dos anos, verifica-se um aumento do número de regiões que sofrem de carência crónica de água. Este facto levou a uma maior preocupação com a redução e o uso sustentável da água a nível global [1]. Governos, empresas e comunidades locais enfrentam cada vez mais desafios, relacionados com a escassez de água, que põem em causa a sua sustentabilidade. As respostas a estes desafios podem ser encontradas através da compilação de vários indicadores [2]. Por exemplo, a realização de um estudo de impacto ambiental, com base na pegada ecológica, na pegada de carbono e na pegada hídrica, é um elemento-chave para uma avaliação multidisciplinar da sustentabilidade. Estes indicadores complementam-se e fornecem perspetivas distintas acerca dos impactos causados [3]. Nos últimos anos assistiu-se ao aparecimento de diversas publicações sobre questões relacionadas com alterações climáticas, focando também os riscos relacionados com a escassez de água [2].

São as zonas mais áridas do mundo, onde habitam mais de 2 biliões de pessoas, que enfrentam os maiores problemas relacionados com a escassez de água, mas países com abundância de água doce e diversas áreas urbanas também enfrentam perigos relacionados com a escassez de água. Isto deve-se ao facto deste conceito ser relativo, porque pode não só significar uma carência absoluta como também a falta de acesso a água potável. A escassez de água é considerada por várias entidades como o desafio do século [1].

Em todos os continentes, há um aumento constante da pressão sobre os recursos hídricos devido essencialmente ao uso de água para agricultura, e, à crescente urbanização e industrialização. Não é só o consumo de água que leva a uma situação de carência, o aumento da poluição também diminui a disponibilidade de água potável [1]. A deterioração da qualidade da água presente nos recursos hídricos também tem impactos económicos para os utilizadores, porque quanto maior for a poluição dos recursos hídricos, menor será a quantidade de água potável disponível e mais rigorosos serão os tratamentos necessários para manter a sua qualidade, implicando maiores custos para a sua utilização [4]. Para uma melhor perceção do consumo de água a nível mundial, o desenvolvimento de indicadores, precisos e com metodologias globais para caracterizar e mapear a escassez de água no mundo, adquiriu uma elevada importância [5].

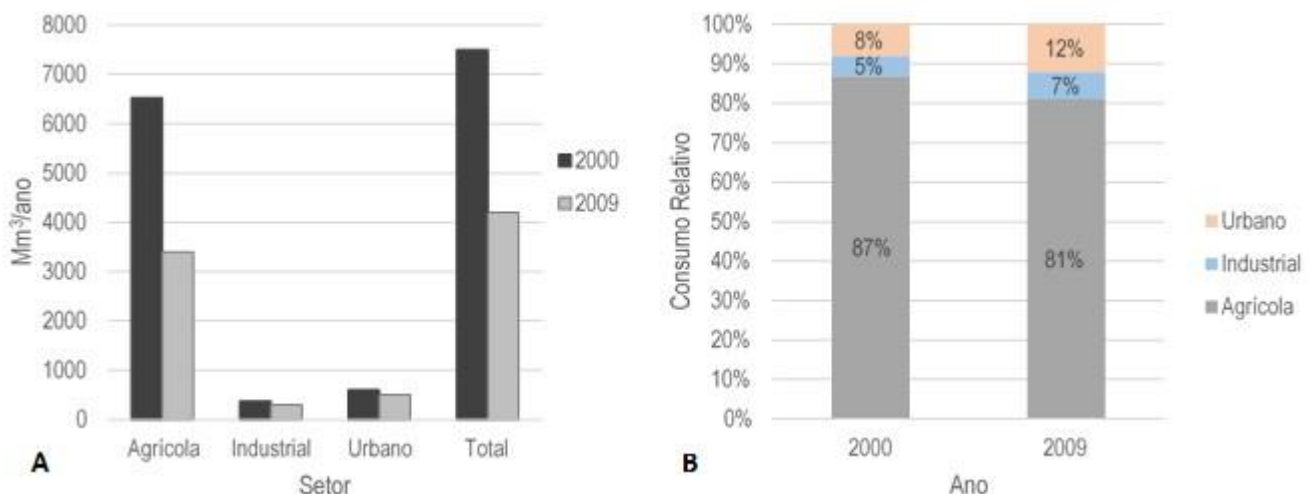
O conceito de pegada hídrica foi introduzido por *Arjen Hoekstra* em 2002 [6] como resposta à necessidade de criar um indicador baseado no consumo de água doce. Este conceito surge de forma a mostrar a importância do consumo humano e as dimensões globais de gestão sustentável da água [5]. As principais evoluções deste conceito ocorreram em 2004 com a publicação de um estudo mais completo da pegada hídrica de países [7] e em 2009 com a publicação de uma versão provisória do manual de avaliação da pegada hídrica. Este manual introduz o conceito de avaliação da pegada hídrica com base em 3 componentes-chave [8]. Em Fevereiro de 2011 foi publicada a versão final intitulada "Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global" [9]. A pegada hídrica é um indicador multidimensional, que mostra o volume de água utilizado por fonte e por tipo de poluição, considerando não só o uso direto como também o uso indireto de água. Ao contrário dos indicadores tradicionais, que tinham o objetivo de medir apenas o consumo direto e as captações de água, a pegada hídrica mede o consumo de água que diz respeito à água que não tem retorno ao meio recetor de onde foi retirada (uso consuntivo). Todos os componentes de uma pegada hídrica total são especificados geograficamente e temporalmente. A análise da pegada hídrica permite uma ampla visão sobre a forma de utilização da água doce pelo homem, formando assim uma base de discussão sobre a distribuição espacial do uso de água e sobre o uso sustentável, equitativo e eficiente da água. A pegada hídrica é uma medida volumétrica do consumo e poluição de água e não uma medida da severidade dos impactos causados. O impacto ambiental local de

determinada pegada hídrica depende da vulnerabilidade do sistema hídrico local e do número de consumidores e poluidores que usam o mesmo sistema hídrico. Assim, este indicador forma uma base para a avaliação dos impactos de determinados bens e serviços a nível geográfico e temporal, permitindo assim a formulação de medidas objetivas para a redução dos impactos causados [9].

A nível global é a produção agrícola que tem o maior contributo para a pegada hídrica (cerca de 92 %), os restantes 8 % dizem respeito ao uso industrial e doméstico da água onde existem volumes consideráveis de água consumida e poluída. Todas organizações, empresas e população devem ter em mente uma perspetiva de desenvolvimento sustentável, para isso será necessário que, a nível mundial, e principalmente, nos locais ou organizações com pegadas hídricas elevadas, sejam desenvolvidas iniciativas no sentido da sua redução [10]. Em relação ao estudo da pegada hídrica de vários países, em 2008, Portugal foi colocado na sexta posição entre os países com o valor mais elevado da pegada hídrica associada ao consumo por habitante [11].

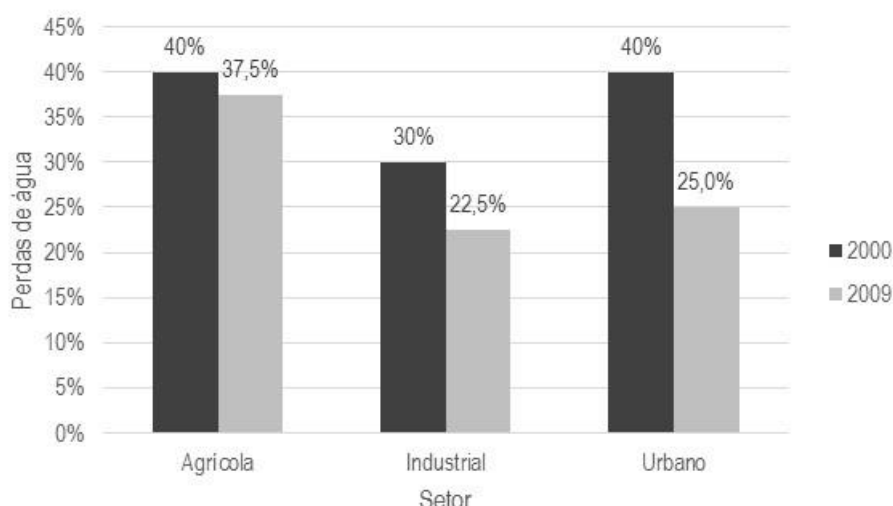
No caso de Portugal, estima-se que o consumo de água, no ano de 2000, foi na ordem dos 7 500 Mm<sup>3</sup>. Sendo também no setor agrícola onde se utiliza mais água (87 % do total), o abastecimento urbano corresponde a cerca de 8 % e o setor industrial a 5 % do total [12] [13]. A figura 1, permite ter uma ideia do estudo desenvolvido na última década, comparando os referidos valores de 2001 com os valores de 2009. Observa-se uma redução do consumo absoluto de água em cerca de 43 %, visto que em 2009 o consumo total foi cerca de 4 199 Mm<sup>3</sup>. Em relação ao consumo relativo, verifica-se uma diminuição no setor agrícola e um aumento nos setores urbano e industrial, entre o ano de 2000 e 2009.

Os custos efetivos da utilização da água rondam os 1 880 M€/ano (correspondentes a 1,65 % do PIB nacional em 2000); os maiores custos estão associados ao setor urbano (46 % custo total), seguindo-se o setor agrícola com 38 % e o setor industrial que corresponde a 26 % dos custos totais [12] [13].



**Figura 1** – Variação do consumo absoluto (A) e do consumo relativo (B) por setor entre 2000 e 2009 em Portugal. (adaptado do PNUEA [13])

Os volumes e custos referidos não representam os valores relativos ao uso efetivo da água, uma vez que há uma ineficiência nacional média de 40 % relativamente ao uso total de água, sobretudo no setor agrícola e no setor urbano onde é desperdiçado cerca de 40 % do volume total utilizado, enquanto que no setor industrial há um desperdício de 30 %. O desperdício de água corresponde a uma perda anual de cerca de 3 100 Mm<sup>3</sup>, que em termos de custos representa 0,64 % do PIB, correspondendo ao desperdício anual de 728 M€. A diminuição do consumo de água observado na figura 1, deve-se ao facto dos vários setores investirem na aplicação de medidas para o uso eficiente da água. Verificando-se assim um aumento da eficiência (diminuição de perdas) no consumo de água como se pode observar na figura 2, sendo que o setor urbano foi o que registou uma maior diminuição de perdas de água [10] [11].



**Figura 2** – Variação das perdas relativas de água por setor entre 2000 e 2009 em Portugal. (Adaptado PNUEA <sup>[13]</sup>)

Apesar de ser o setor agrícola aquele que tem o maior contributo para a pegada hídrica nacional e global, neste projeto é focado apenas o setor industrial. Atualmente existem diversos estudos publicados que usam a pegada hídrica para a obtenção e comparação de resultados relativamente ao impacto do consumo de água em diversas áreas a nível global. O estudo da pegada hídrica é apoiado por diversas empresas a nível mundial, sendo que algumas tem feito diversos investimentos na quantificação e redução da sua pegada hídrica <sup>[14]</sup>.

Neste projeto será calculada a pegada hídrica da empresa Carvema Têxtil Lda. que tem atividade no setor têxtil na área da tinturaria e acabamentos. O cálculo da pegada hídrica será baseado sobretudo no processo produtivo da empresa e na metodologia disposta no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica publicado em Fevereiro de 2011 <sup>[9]</sup>, para que o estudo realizado possa ser enquadrado num padrão de comparação global. Este estudo permite à empresa ter uma nova perspetiva relativamente aos impactos causados pela sua atividade e a sua posição em relação a empresas do mesmo setor. O estudo permite também a formulação de medidas objetivas para o uso eficiente da água essenciais para um desenvolvimento duradouro, uma vez que a água constitui um importante fator de produção para a empresa. De forma a clarificar as considerações efetuadas foram incluídos alguns capítulos relativos à metodologia global para o cálculo da pegada hídrica e a questões técnicas da empresa, também foram incluídos capítulos para o enquadramento da empresa no setor têxtil e na bacia hidrográfica do Cávado.

## 1.2. OBJETIVOS

O principal objetivo da dissertação é a avaliação da pegada hídrica de uma empresa do setor têxtil com base na metodologia disposta no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica publicado em 2011 <sup>[9]</sup>. A avaliação da pegada hídrica realizada deve focar essencialmente duas fases, nomeadamente a definição dos objetivos e âmbito do estudo e a contabilização da pegada hídrica. Além da avaliação pretende-se identificar a influência dos setores da empresa no consumo e na poluição da água.

Em termos práticos, o principal objetivo é o conhecimento geral do funcionamento da empresa, dos principais processos e técnicas utilizadas e reconhecer a importância da água para o processo produtivo. Pretende-se também entender a dinâmica do setor têxtil e a realidade do setor em Portugal, bem como a realidade hídrica da região hidrográfica onde a empresa está inserida.

Deve-se também avaliar a viabilidade da aplicação deste indicador em empresas do setor têxtil e identificar os principais problemas encontrados.

### 1.3. CONTRIBUTOS DO TRABALHO

A consciencialização e a estratégia ambiental geralmente fazem parte da chamada “responsabilidade social corporativa” [9]. A Carvema ao longo dos anos tem vindo a inovar e a implementar estratégias de forma a preservar o ambiente e desde 1988 assumiu a responsabilidade ambiental como fator competitivo [15]. O cálculo da pegada hídrica além de dar continuidade a essa responsabilidade assumida, permite compreender a interação dos produtos e atividades com o consumo, a escassez, a poluição da água e os respetivos impactos. Portanto será possível definir medidas objetivas, com base numa nova perspetiva, para um uso mais eficaz da água e uma consequente redução dos volumes utilizados. O processamento de qualquer produto a nível industrial implica o gasto de água, a pegada hídrica é obtida pela soma de todos os gastos associados e assim obtém-se uma caracterização da unidade considerada tendo em conta os limites de cada estudo [9].

No setor de tingimento é usada uma grande quantidade de água, a redução do seu uso permite não só a preservação do meio ambiente, como também a redução dos custos associados à captação de água e emissão de efluentes. Além da redução do uso de água, este estudo permite à empresa identificar e avaliar os riscos associados ao uso de água. Assim, a empresa pode criar uma estratégia para gerir os riscos sociais e ambientais relativos ao uso de água, pela implementação de medidas preventivas [16].

A abrangência das políticas de proteção ambiental adotadas colocam a empresa numa posição de destaque no mercado consumidor, que pode funcionar como uma referência para novos clientes. Em contrapartida, a reputação de uma empresa pode ser danificada devido à falta de políticas ambientais consistentes [14].

Atualmente, a pegada hídrica é um indicador em desenvolvimento e a sua aplicação ainda não é usada como referência a nível ambiental para as empresas. A Carvema ao acompanhar o desenvolvimento desta ferramenta pode iniciar o controlo de parâmetros, que, no futuro, podem ser alvo de legislação por parte do governo. Ao criar antecipadamente medidas para aumentar a sustentabilidade dos seus produtos, no futuro terá vantagem caso seja requerida a comunicação do desempenho operacional a entidades reguladores [16]. A nível Nacional não foram encontrados estudos realizados a nível industrial, no entanto noutros países várias empresas já utilizaram este indicador para avaliar a sustentabilidade da sua cadeia de abastecimento [17] e o impacto dos seus produtos [18].

### 1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Para facilitar a compreensão da dissertação, segue-se uma descrição sumária dos principais capítulos que a constituem.

No capítulo 2 descreve-se o conceito de Pegada Hídrica, que está na base de todo o trabalho. Numa abordagem inicial define-se o conceito geral e, posteriormente, é descrita a metodologia global para aplicar este indicador em empresas.

No capítulo 3 apresenta-se o caso de estudo. No início, descreve-se em linhas gerais a indústria têxtil e do vestuário, bem como a sua representatividade na economia nacional e na região de atividade da Carvema. Para uma melhor perceção dos impactos da empresa, descrevem-se os recursos hídricos e as várias utilizações, na respetiva região hidrográfica. No final do capítulo, aborda-se em linhas gerais a história da empresa e as respetivas instalações, os certificados adquiridos e algumas das políticas interna; é também descrito o processo produtivo da empresa.

No capítulo 4 encontram-se os resultados relativos à pegada hídrica da empresa, iniciando-se por uma breve descrição da realidade da empresa para apoiar algumas das considerações efetuadas; de seguida relatam-se os principais resultados e algumas opções para melhoria da pegada hídrica total.



No capítulo 5 descrevem-se as principais conclusões relativas aos resultados obtidos. Realiza-se uma avaliação geral do trabalho realizado, referem-se as principais limitações encontradas e sugestões para trabalhos futuros. Seguidamente, descrevem-se as principais referências bibliográficas consultadas para fundamentar o trabalho realizado.

No capítulo final encontram-se nove anexos referentes a assuntos considerados importantes para o trabalho.



## 2. PEGADA HÍDRICA

### 2.1. EVOLUÇÃO DO CONCEITO

A importância e o interesse do estudo da pegada hídrica tem vindo a aumentar devido ao reconhecimento que os impactos nos sistemas de água doce estão relacionados com o consumo humano. Este conceito é visto como forma de compreensão e resolução dos problemas de escassez e poluição da água, com base no estudo das cadeias de produção e de abastecimento como um todo<sup>[14]</sup>.

O uso do termo “pegada” para identificação deste indicador, é frequentemente utilizado como uma metáfora referente ao facto da humanidade se ter apropriado de uma percentagem significativa dos recursos naturais do planeta. Assim como outros indicadores identificados com o mesmo termo, por exemplo a pegada ecológica e a pegada de carbono<sup>[3]</sup>, a avaliação da pegada hídrica não é um conceito metafórico, tendo em conta que é realizada com base numa rigorosa estrutura de cálculo, com variáveis bem definidas e mensuráveis e com diferentes procedimentos estabelecidos conforme o objetivo do estudo<sup>[9]</sup>.

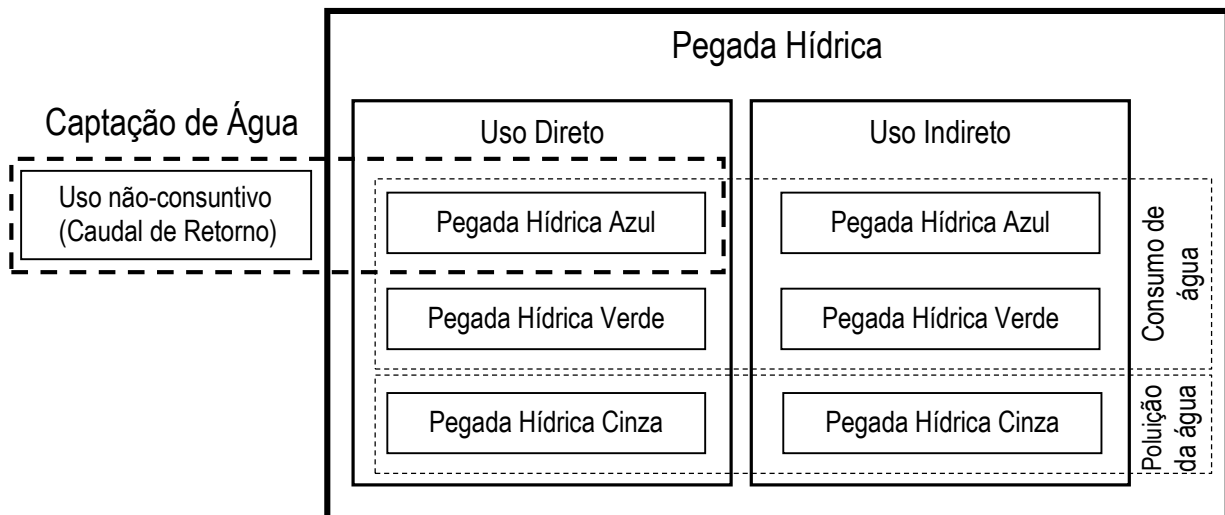
Desde Novembro de 2009 existe uma versão preliminar da manual para avaliação da pegada hídrica<sup>[8]</sup>, onde é apresentada uma metodologia padrão que serviu como base para alguns estudos<sup>[19][20]</sup>. Em Fevereiro de 2011 foi publicada a versão final intitulada “Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global”<sup>[9]</sup>, que além das várias metodologias de cálculo apresenta exemplos práticos. Esta publicação permitiu a utilização de uma metodologia credível e tornou possível a comparação entre vários estudos realizados sobre a pegada hídrica. Houve um reconhecimento a nível mundial da utilidade desta metodologia, atraindo o apoio de diversas empresas, de entidades políticas, de ONG’s e de comunidades científicas. Tornou-se um importante passo para a resolução dos problemas de escassez de água a nível mundial, visto que demonstra como diversas entidades podem quantificar o seu contributo para a degradação das bacias hidrográficas a nível mundial e assim tomar medidas para redução dos impactos causados. De um modo geral há consenso em relação à definição e cálculo da pegada hídrica, no âmbito da *Water Footprint Network* (WFN); no entanto sempre que se aplica este conceito a uma nova situação surgem novas questões práticas. A WFN é uma plataforma que visa a criação de uma dinâmica de aprendizagem internacional, fazendo a ligação das mais diversas comunidades com interesse no uso sustentável, equitativo e eficiente da água<sup>[9][14]</sup>.

A plataforma foi criada por um conjunto de instituições devido à crescente falha na capacidade de apoiar a avaliação e aplicação da pegada hídrica. Além disso, havia uma necessidade de criar uma estrutura para reunir especialistas para o desenvolvimento de métodos e ferramentas, de forma a auxiliar as instituições interessadas na aplicação deste conceito. Atualmente diversas instituições aplicam e apoiam o desenvolvimento da metodologia para avaliação da sua pegada hídrica. Esta plataforma desenvolve atividades para o desenvolvimento da metodologia, de padrões, de critérios para a contabilização da pegada hídrica e para avaliação e redução dos impactes associados. É também realizado um esforço para que sejam realizadas reuniões, pesquisas e publicações para o desenvolvimento deste conceito. Durante a avaliação da pegada hídrica há um aconselhamento na aplicação da metodologia e uma verificação e certificação dos métodos usados<sup>[14]</sup>.

Ao longo dos anos foram elaborados diversos estudos, alguns deles publicados em revistas científicas, como por exemplo o estudo da pegada hídrica do turismo na Espanha<sup>[21]</sup> e a pegada hídrica da UE para as diferentes dietas<sup>[22]</sup>. Existem também relatórios de pesquisa elaborados pela UNESCO-IHE como por exemplo a análise global e o estudo para a Europa de cenários da pegada hídrica para 2050<sup>[23]</sup>, o cálculo da pegada hídrica da França<sup>[24]</sup> e da Suíça<sup>[25]</sup>. Algumas empresas fizeram também estudos da pegada hídrica para as mais diversas situações, como por exemplo a C&A fez o estudo da pegada hídrica da cadeia

de abastecimento do algodão <sup>[17]</sup> e a *Tata International Finance Corporation* fez o estudo da pegada hídrica para vários setores produtivos do grupo *Tata* <sup>[26]</sup>.

Atualmente a pegada hídrica é vista como um indicador multidimensional do uso de água, que mostra o volume de água consumido por fonte e o volume poluído por tipo de poluição, e considera não só o uso direto, como também o uso indireto de água (figura 3). A avaliação da pegada hídrica engloba três componentes: a pegada hídrica azul, que se refere à utilização de água doce subterrânea ou superficial; a pegada hídrica verde, referente à precipitação armazenada no solo ou que permanece temporariamente na superfície do solo ou na vegetação, e; a pegada hídrica cinza, que é um indicador do grau de poluição da água. Todos os componentes de uma pegada hídrica são especificados geograficamente e temporalmente <sup>[9]</sup>.



**Figura 3** – Esquema representativo dos componentes da pegada hídrica e exclusão do uso não consuntivo da água. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup>)

A pegada hídrica pode ser considerada como um indicador abrangente da apropriação de recursos hídricos, em contraposição ao conceito tradicional e restrito de “captação de água”, diferindo deste em 3 aspectos (figura 3) <sup>[9]</sup>:

- I. Não inclui o uso da água azul, quando esta retorna à bacia hidrográfica (Anexo A) onde é captada;
- II. É um conceito que abrange não só o uso de água azul, como também a água verde e a cinza;
- III. Não é restrito ao uso direto da água, inclui também o uso indireto.

A água pode ser utilizada tanto a nível doméstico, como agrícola ou industrial, mas a utilização da água não pode exceder a taxa de renovação anual. Para isso é utilizada a avaliação da pegada hídrica, uma vez que permite definir qual a apropriação real dos recursos hídricos utilizados, ao contrário do verificado na utilização do conceito de “captação de água”. A pegada hídrica é, assim, um indicador que permite obter uma perspectiva adicional mais adequada e mais ampla da relação de um consumidor ou produtor com o uso dos sistemas de água doce. A pegada hídrica é uma medida volumétrica do consumo e poluição da água, não uma medida da severidade do impacto ambiental local desse consumo e poluição da água. O impacto de determinado consumo ou poluição de água dependerá da vulnerabilidade do sistema hídrico local, do número de utilizadores desse sistema e do seu nível de poluição <sup>[9]</sup>.

Os dados utilizados para o cálculo da pegada hídrica são definidos em termos de volume ( $m^3$ ), mas como têm de ser referentes a um intervalo de tempo, o resultado final pode ser apresentado em termos de volume por unidade de tempo.

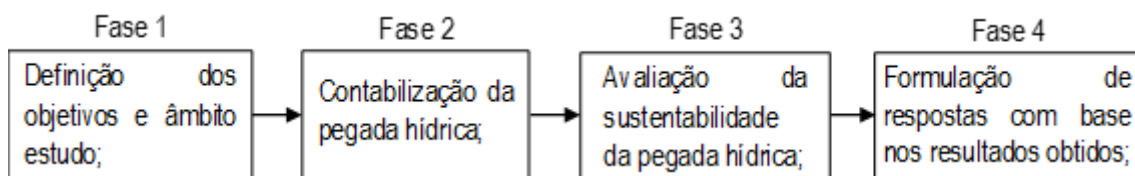
## 2.2. MODO DE AVALIAÇÃO E APLICAÇÕES

A avaliação da pegada hídrica permite obter informações, espacial e temporalmente específicas, sobre o uso da água para os vários propósitos humanos. Estas informações, além de serem uma base para a avaliação dos impactos ambientais, sociais e económicos, podem despertar a discussão acerca do uso equitativo e sustentável da água. A avaliação da pegada hídrica reúne, assim, um conjunto de diferentes metodologias para:

- I. Quantificar e localizar a pegada hídrica de um processo, produto, produtor ou consumidor ou quantificar no espaço e no tempo a pegada hídrica de uma determinada área geográfica;
- II. Avaliar a sustentabilidade ambiental, social e económica da pegada hídrica calculada;
- III. Formular estratégias de resposta.

No geral, a avaliação da pegada hídrica tem como objetivo analisar a interação de diversas atividades humanas ou produtos específicos com a escassez e poluição da água e formular medidas mais específicas para melhorar a sustentabilidade hídrica dessas atividades/produtos. A avaliação da pegada hídrica é realizada em 4 fases (figura 4) <sup>[9]</sup>:

1. Definição dos objetivos e âmbito do estudo;
2. Contabilização da pegada hídrica;
3. Avaliação da sustentabilidade da pegada hídrica;
4. Formulação de respostas com base nos resultados obtidos;



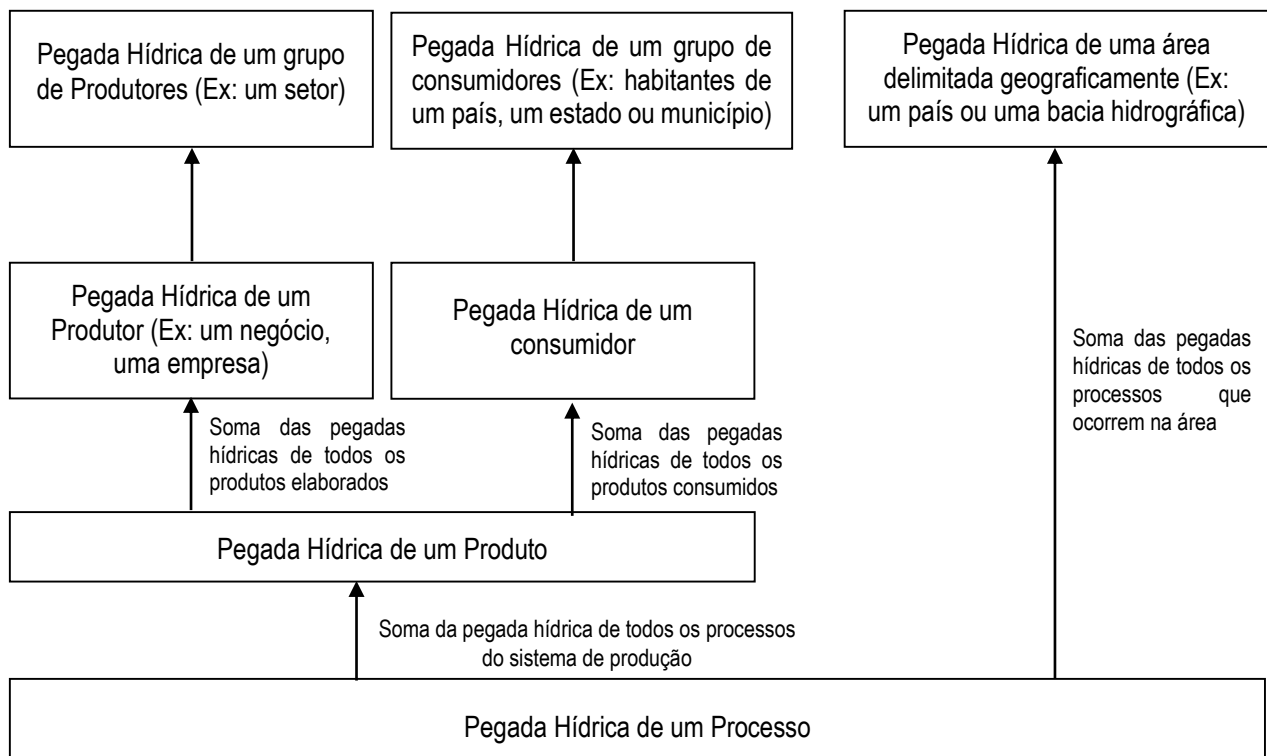
**Figura 4** – Esquematisação das fases para avaliação completa de uma pegada hídrica. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup>)

De forma a entender claramente a avaliação da pegada hídrica, inicialmente deve-se especificar o tipo de pegada hídrica a avaliar, os objetivos, o âmbito e as principais motivações para a realização do estudo. A avaliação de uma pegada hídrica pode ser efetuada pelas mais diversas razões, nomeadamente o estudo da dependência hídrica de determinada atividade ou produto, e, a avaliação do impacto que determinada atividade ou produto tem na região. É possível fazer a avaliação da pegada hídrica de várias entidades, por exemplo o cálculo da pegada hídrica de uma etapa de um processo, de um produto, de um consumidor ou grupo de consumidores, de uma área delimitada geograficamente, de uma empresa, de um setor de negócios ou mesmo de toda a humanidade como um todo, entre outras aplicações possíveis <sup>[9]</sup>.

A contabilização da pegada hídrica é a fase onde se recolhem os dados e é realizada a sua contabilização, de acordo com as considerações dispostas na etapa anterior. Os dados existentes podem condicionar o detalhe e os limites do estudo inicialmente previsto. Após contabilização da pegada hídrica, é efetuada a avaliação da sua sustentabilidade, que depende da realidade hídrica da região hidrográfica em que o estudo está a ser aplicado. Para avaliação da sustentabilidade é indicado considerar a região da zona de captação ou a bacia hidrográfica. A sustentabilidade da pegada hídrica total numa bacia hidrográfica deve ser avaliada segundo três perspetivas: ambiental, social e económica. Para cada uma delas são definidos critérios de avaliação da sustentabilidade. Os resultados obtidos são usados como orientação para formular respostas, estratégias ou políticas, de acordo com os objetivos anteriormente definidos. As medidas definidas na última fase (fase 4) podem variar conforme a região em estudo, uma vez que os impactos variam conforme a realidade hídrica, ou seja, por exemplo, em zonas com abundância de água as medidas implementadas não serão tão rígidas como em zonas com escassez de água <sup>[9]</sup>.

A avaliação da pegada hídrica não obriga à realização de todas as fases, sendo possível retornar a fases anteriores para reformular alguns pontos caso necessário. Por exemplo, uma empresa pode apenas realizar o estudo com o intuito de avaliar a sua dependência da água sem avaliar o impacto causado, nem implementar medidas para diminuição da sua pegada hídrica <sup>[9]</sup>.

De acordo com o representado na figura 5, a pegada hídrica de uma etapa do processo é a base de todos os cálculos relativo à pegada hídrica. A pegada hídrica de um produto resulta do somatório da pegada hídrica de todos os processos relevantes para a sua elaboração. O cálculo da pegada hídrica de um consumidor é composto pelo somatório de todas as pegadas hídricas dos produtos consumidos. Caso o objetivo seja determinar a pegada hídrica de um grupo de consumidores, por exemplo os habitantes de um país, a determinação é efetuada pelo somatório da pegada hídrica de todos os membros desse grupo. No caso de um fabricante ou produtor, a pegada hídrica é determinada pelo somatório de todos os produtos fabricados ou comercializados. Para uma área delimitada geograficamente, por exemplo uma bacia hidrográfica, a pegada hídrica é obtida pela soma das pegadas hídricas de todos os processos ocorridos na área. A pegada hídrica da total anual humanidade é obtida ou pelo somatório das pegadas hídricas de todos os consumidores do mundo, ou seja, a soma das pegadas hídricas de todos os bens ou serviços consumidos anualmente ou pode ser obtida pelo somatório da pegada hídrica de todos os processos que ocorrem no mundo <sup>[9]</sup>.



**Figura 5** – Relação entre as várias aplicações da pegada hídrica. (adaptado MAPH, 2011 <sup>[9]</sup>)

## 2.3. TIPOS DE PEGADA HÍDRICA

### 2.3.1. PEGADA HÍDRICA AZUL

É um indicador do uso consuntivo de água azul, ou seja, da água doce superficial e/ou subterrânea, isto é a água proveniente de lagos, rios ou aquíferos. O termo “uso consuntivo da água” refere-se a um dos seguintes casos <sup>[9]</sup>:

1. Água evaporada;
2. Água incorporada no produto;

3. Água que não retorna à bacia hidrográfica onde é captada, mas escoar para outra bacia hidrográfica ou para o oceano;
4. Água que não retorna no mesmo período, por exemplo quando a água é retirada num período seco e retorna num período húmido.

O “uso consuntivo da água” não significa que esta desaparece, uma vez que a água permanece dentro do ciclo hidrológico, ou seja, retorna sempre a algum lugar. O uso consuntivo refere-se sobretudo ao volume de água que é retirado da sua fonte natural, diminuindo a sua disponibilidade temporal e espacial. Logo, a pegada hídrica azul reflete a apropriação da água, ou seja, o volume de água que não pode ser utilizada para outras atividades. Geralmente, a evaporação é a componente mais significativa da pegada hídrica azul. Como tal, a pegada hídrica azul é frequentemente equiparado à evaporação que ocorre nos processos. Contudo, as restantes componentes devem também ser incluídas <sup>[9]</sup>.

A pegada hídrica azul ( $PH_{proc,azul}$ ) mede a quantidade de água doce superficial ou subterrânea apropriada num determinado período, ou seja, a água azul que não retorna imediatamente para a mesma bacia. Logo, obtém-se uma medição da quantidade de água azul consumida pelo Homem. A equação 1 exemplifica as componentes necessárias para o cálculo da pegada hídrica azul de uma etapa do processo:

$$PH_{proc,azul} = \text{evaporação água azul} + \text{incorporação água azul} + \text{caudal retorno perdido} \quad (1)$$

O caudal de retorno perdido refere-se ao volume de água que não está disponível para reutilização na mesma bacia hidrográfica, no período de tempo considerado. A avaliação da pegada hídrica azul pode ser dividida em 3 componentes: 1) a pegada hídrica azul de água superficial, ou azul-clara, 2) a pegada hídrica azul de água subterrânea renovável, ou azul-escura, e 3) a pegada hídrica azul de água subterrânea fóssil, ou preta. No entanto, a distinção destes componentes está dependente da especificidade dos dados existentes <sup>[9]</sup>.

A reciclagem (reutilização da água para o mesmo propósito) e o reuso (reuso num local diferente, possivelmente para outros fins) da água podem auxiliar a redução da pegada hídrica azul de um processo, apenas quando reduzem efetivamente o uso consuntivo da água. Por exemplo, caso seja reutilizado o efluente gerado nos processos não há uma diminuição da pegada hídrica azul, mas se houver uma reutilização ou reuso do vapor de água emitido há uma redução da pegada hídrica azul. A reciclagem e o reuso da água podem também auxiliar na redução da pegada hídrica cinza <sup>[9]</sup>.

### 2.3.2. PEGADA HÍDRICA VERDE

É um indicador do uso de água verde. Esta corresponde à água precipitada no solo que não gera escoamento superficial nem subterrâneo. Isto é, corresponde à porção de água armazenada no solo ou que permanece, temporariamente, na superfície do solo ou na vegetação. A água verde é mais significativa no domínio agrícola, constituindo um papel fundamental para o desenvolvimento das culturas. No entanto, nem toda a água verde pode ser absorvida, devido à evaporação existente e nem todas as áreas e períodos do ano são favoráveis para o crescimento de plantas <sup>[9]</sup>.

Em suma, pode-se referir que a pegada hídrica verde ( $PH_{proc,verde}$ ) é o volume de água da chuva consumido durante o processo produtivo. O cálculo da pegada hídrica verde, numa das etapas do processo, pode ser feito pela seguinte equação (2):

$$PH_{proc,verde} = \text{evaporação de água verde} + \text{incorporação de água verde} \quad (2)$$

É importante a distinção entre a pegada hídrica azul e a verde, tendo em conta que tanto os impactos hidrológicos, ambientais e sociais, como os custos de oportunidade referentes ao uso de águas superficiais

e subterrâneas (água azul), são muito diferentes dos custos e impactos associados ao uso da água da chuva (água verde) [9].

### 2.3.3. PEGADA HÍDRICA CINZA

A pegada hídrica cinza ( $PH_{cinza}$ ) é um indicador do grau de poluição da água de uma etapa do processo. Define-se como o volume de água necessário para assimilar a carga de poluentes gerados, com base nas concentrações em condições naturais e nos padrões ambientais existentes. Ou seja, este conceito pode ser usado não só como forma de traduzir a poluição gerada em termos de volume de água, sendo que este volume corresponde ao volume necessário para diluir os poluentes até que estes se tornem inofensivos, mas também como indicador da severidade da poluição da água [9].

Para o caso de fontes pontuais (quando os compostos químicos são diretamente descarregados, sob forma de efluente, na água superficial), a pegada hídrica cinza é calculada pela divisão da carga poluente ( $P$ ) pela diferença entre a concentração padronizada de qualidade ambiental do poluente ( $C_{máx}$ ) e a sua concentração natural na água recetora ( $C_{nat}$ ). A carga poluente é obtida pela diferença entre, o produto do volume de efluente ( $V_{eff}$ ) pela concentração de um determinado poluente no efluente ( $C_{eff}$ ), e, o produto do volume captado ( $V_{cap}$ ) pela concentração do poluente na água captada ( $C_{cap}$ ).

$$PH_{cinza} = \frac{P}{(C_{máx} - C_{nat})} = \frac{V_{eff} \times C_{eff} - V_{cap} \times C_{cap}}{(C_{máx} - C_{nat})} \quad (3)$$

A concentração natural da massa de água recetora corresponde à concentração de contaminantes que existiria caso não houvesse intervenção humana na bacia hidrográfica. Os cálculos da pegada hídrica cinza são efetuados com base em padrões de qualidade de água. Todavia, não existindo padrões de qualidade nem para todas as substâncias nem para todos os locais, o mais importante é especificar os padrões adotados no cálculo efetuado. A mesma carga poluente pode resultar em diferentes pegadas hídricas cinza em lugares distintos, porque o volume de água necessário para assimilar a carga de um determinado poluente será diferente, pois o volume de água depende da diferença entre a concentração máxima admitida e a concentração natural, como se pode observar na equação 3 [9].

A pegada hídrica cinza pode ser calculada tendo como base a concentração de poluentes do efluente descarregado, bem como, através da análise da poluição térmica. A abordagem aplicada é similar, porém neste caso a pegada hídrica é calculada com base na diferença entre a temperatura do efluente ( $T_{eff}$ ) e a temperatura da água captada ( $T_{cap}$ ), dividida pela diferença entre a temperatura máxima aceitável ( $T_{máx}$ ) e a temperatura natural da água ( $T_{nat}$ ). As temperaturas utilizadas devem estar todas na mesma unidade, por exemplo em graus Celsius ( $^{\circ}C$ ), e o valor obtido é multiplicado pelo volume de efluente ( $V_{eff}$ ) de acordo com a seguinte equação [9].

$$PH_{cinza} = \left( \frac{(T_{eff} - T_{cap})}{(T_{máx} - T_{nat})} \right) \times V_{eff} \quad (4)$$

Este conceito pode ser entendido como a necessidade de diluição da água e pode levar a uma preocupação maior com a diluição dos poluentes em vez de reduzir as suas emissões. A pegada hídrica cinza deve ser entendida como um indicador de poluição, e pretende-se que a quantidade de contaminantes descarregados seja o menor possível. O tratamento de efluentes, antes da sua emissão para o ambiente, leva a uma redução da concentração de contaminantes e consequentemente da pegada hídrica cinza. Convém salientar que, a pegada hídrica cinza de um processo depende da qualidade do efluente descarregado no recurso hídrico, e não, da sua qualidade antes do tratamento. O tratamento da água residual pode implicar uma pegada hídrica azul, uma vez que pode haver evaporação de água durante o processo de tratamento [9].



A pegada hídrica cinza de um determinado processo, pode ser menor ou igual a zero, porque as concentrações de poluentes no efluente tratado podem ser menores ou iguais às concentrações existentes na água captada<sup>[9]</sup>.

Na interpretação de resultados, a obtenção de uma pegada hídrica cinza maior do que zero, não indica automaticamente que os padrões ambientais foram excedidos, mas sim, que parte da capacidade de assimilação de poluentes, existentes na massa de água, já foi utilizada. A obtenção de uma pegada hídrica cinza inferior ao caudal do rio ou ao fluxo de água subterrânea, indica que ainda há capacidade suficiente para a diluição de poluentes. Se a pegada hídrica cinza for igual ao caudal de água natural, a concentração resultante será igual a concentração limite padronizada. Caso o efluente possua uma carga de poluentes muito elevada, a pegada hídrica cinza obtida pode ser superior ao caudal do rio ou ao fluxo de águas subterrâneas. Neste caso podemos concluir que a poluição gerada excede a capacidade de assimilação do curso de água receptor. Este facto reforça a ideia de que a pegada hídrica cinza não representa o “volume de água poluído”, pois não seria possível poluir um volume maior do que o existente<sup>[9]</sup>.

Quando o efluente contém vários poluentes, o cálculo da pegada hídrica cinza global é efetuado com base no poluente mais crítico, ou seja, o poluente ao qual está associada uma maior pegada hídrica cinza específica. Caso seja considerado pertinente, também é possível fazer o cálculo isolado da pegada hídrica cinza de cada poluente<sup>[9]</sup>.

Podem considerar-se como limitações deste indicador, o facto de não serem considerados: 1) os processos de atenuação natural que implicam uma melhoria na qualidade dos recursos hídricos, e 2) os processos que consideram o efeito combinado dos poluentes, que podem ser mais prejudiciais para o ambiente do efeito dos poluentes de forma individual<sup>[9]</sup>.

## 2.4. PEGADA HÍDRICA DE UMA EMPRESA

A pegada hídrica de uma empresa é definida como o volume total de água doce utilizado, direta ou indiretamente, para o funcionamento e manutenção da empresa. Frequentemente usam-se termos como “pegada hídrica corporativa” ou “pegada hídrica organizacional” como sinónimos de “pegada hídrica de uma empresa”. A aplicação do conceito a uma empresa engloba duas componentes. A primeira, denominada pegada hídrica operacional (ou direta), pode ser definida como o volume de água doce consumido ou poluído devido às operações realizadas pela empresa e está diretamente relacionada à elaboração do produto. Na Tabela 1, estão presentes alguns pontos a considerar para o cálculo da componente operacional<sup>[9]</sup>.

**Tabela 1** – Componentes propostos para o cálculo da pegada hídrica operacional. (adaptado MAPH, 2011<sup>[9]</sup>)

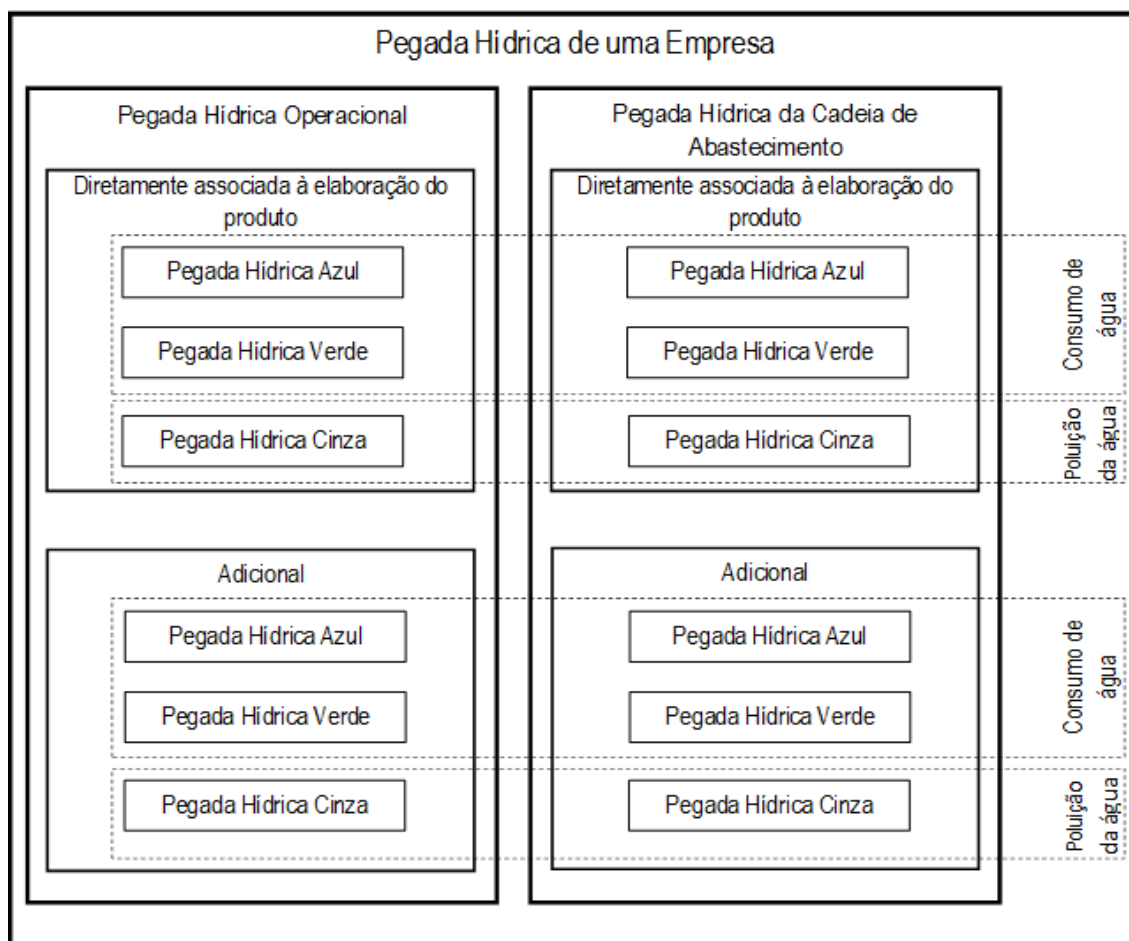
Pegada Hídrica Operacional	
Diretamente associada à elaboração do produto	Adicional
<ul style="list-style-type: none"> <li>Água incorporada no produto;</li> <li>Água consumida ou poluída através de processos de lavagem;</li> <li>Água poluída termicamente devido ao uso em sistemas de refrigeração;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo ou poluição de água, relacionados com a água usada em cozinhas, limpeza, jardinagem ou lavagem de roupa;</li> </ul>

A outra componente é a pegada hídrica da cadeia de abastecimento (ou indireta), que é definida como o volume de água doce consumido ou poluído para produzir os bens e serviços que compõem os *inputs* utilizados pela empresa. Na tabela 2, destacam-se alguns elementos a considerar para o cálculo da pegada hídrica associada à cadeia de abastecimento<sup>[9]</sup>.

**Tabela 2** – Componentes propostos para o cálculo da pegada hídrica da cadeia de abastecimento. (adaptado MAPH, 2011<sup>[9]</sup>)

Pegada Hídrica da Cadeia de Abastecimento	
Diretamente associada à elaboração do produto	Adicional
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pegada hídrica dos produtos comprados pela empresa;</li> <li>Pegada hídrica de outros itens adquiridos pela empresa para processar os seus produtos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pegada hídrica da infraestrutura (materiais de construção, etc.);</li> <li>Pegada hídrica dos materiais e energia de uso geral (materiais de escritório, carros e camiões, combustível, eletricidade, etc.);</li> </ul>

De acordo com as tabelas 1 e 2, verifica-se que as componentes descritas incluem uma pegada hídrica adicional que é o termo utilizado para identificar o consumo de água necessário para o funcionamento contínuo da empresa, mas que não está diretamente relacionado com a elaboração de um produto em particular. Isto é, a pegada hídrica relacionada com as atividades gerais e com os bens e serviços gerais consumidos para manter a empresa em funcionamento<sup>[9]</sup>.

**Figura 6** – Componentes para o cálculo da pegada hídrica de uma empresa. (adaptado MAPH, 2011<sup>[9]</sup>)

Como já antes referido (figura 6), o cálculo da pegada hídrica direta e indireta deve englobar, sempre que possível, a distinção entre pegada hídrica azul, verde e cinza. A figura 6 esquematiza, assim, as componentes da pegada hídrica de uma empresa referidas separadamente. Entretanto, além da pegada hídrica operacional e da cadeia de abastecimento as empresas podem calcular a “pegada hídrica de uso final” do seu produto, com base no uso típico desse produto. Este conceito refere-se ao consumo e poluição de água quando o produto é utilizado pelo seu consumidor, logo não é considerado nem como parte da

pegada hídrica do produto nem da empresa, no entanto é considerado como parte da pegada hídrica do consumidor.

Pode-se definir a pegada hídrica operacional de uma empresa pela “soma das pegadas hídricas dos produtos da empresa” e a pegada hídrica da cadeia de abastecimento pela “soma das pegadas hídricas dos *inputs* (Anexo A) da empresa”. É semelhante calcular a pegada hídrica de uma empresa ou calcular a pegada hídrica dos principais produtos elaborados pela empresa, no entanto a perspectiva é diferente [9].

Para a empresa, é importante, a distinção entre a pegada hídrica operacional e a pegada hídrica da cadeia produtiva, uma vez que estes termos têm muita influência nas políticas ambientais e de gestão da empresa. Isto porque a empresa tem um controlo direto sobre a sua pegada hídrica operacional mas tem apenas uma influência indireta sobre a pegada hídrica da sua cadeia produtiva.

Através do cálculo da pegada hídrica de uma empresa, que permite obter uma diferente perspetiva do uso de água nos processos, é possível desenvolver uma estratégia corporativa para o uso eficiente de água. Isto não é exequível com o uso do indicador de “captação de água nas operações”, adotado pela maioria das empresas, pois leva a uma preocupação exagerada com o consumo direto de água, enquanto que a análise integrada do consumo direto e indireto, geralmente, mostra que a pegada hídrica indireta é superior à pegada hídrica direta. Logo, para diminuir os impactos causados é geralmente mais rentável investir na redução da componente indireta. Em geral, as empresas desenvolvem esforços para a redução do volume de água captado; no entanto, a pegada hídrica traduz o uso de água em termos de consumo e não de captação. Na realidade, como o caudal de retorno pode ser reaproveitado, faz sentido focar especificamente o uso consuntivo de água. Uma análise e definição detalhada do uso espacial e temporal da água pode servir para promover uma avaliação da sustentabilidade hídrica, identificando os impactos ambientais, sociais e económicos e para a identificar possíveis riscos para o negócio. Existe também uma obrigação de cumprimento dos valores limite padrão de emissão de efluentes, que pode ser contornada pela diluição dos efluentes. Como a pegada hídrica cinza é calculada com base na carga total de contaminantes, a diluição dos efluentes não a reduz. Assim, o cálculo da pegada hídrica cinza permite obter informações mais precisas sobre a poluição gerada e a partir disso estudar o impacto no ambiente e na capacidade de assimilação do curso de água recetor [9].

#### 2.4.1.LIMITES ORGANIZACIONAIS

No estudo da pegada hídrica, uma empresa é definida como uma entidade consistente que produz bens e/ou serviços que são fornecidos aos consumidores ou a outras empresas. Este conceito pode referir-se a uma empresa privada ou a uma associação de empresas, a uma organização governamental ou não governamental e a qualquer projeto ou atividade. No setor público, este conceito pode ser utilizado para uma unidade municipal, ou para o governo nacional. Note-se também que o termo “empresa” pode referir-se a vários níveis, por exemplo: a uma unidade específica ou divisão de uma empresa, a uma empresa inteira, ou a todo um setor de negócio [9].

Em suma, o conceito de empresa utilizado tem um carácter abrangente, na medida em que diz respeito a todo o tipo de corporações, organizações, projetos e atividades. Por outras palavras, o conceito de empresa é compreendido como qualquer entidade ou atividade consistente, que transforma um conjunto de *inputs* num ou mais produtos. Por isso, nos trabalhos realizados é importante definir claramente os limites da “empresa” em estudo e torna-se útil distinguir as diferentes unidades da empresa. É então necessário definir as unidades da empresa que serão analisadas e especificar os *inputs* e os produtos anuais para cada unidade [9].

### 2.4.2. METODOLOGIA DE CÁLCULO

Como descrito anteriormente, o cálculo da pegada hídrica de uma empresa ( $PH_{emp}$ ) engloba a componente operacional ( $PH_{emp,oper}$ ) e a cadeia de abastecimento ( $PH_{emp,cad}$ ). Desta forma, o valor final da pegada hídrica pode ser obtido pela seguinte equação [9]:

$$PH_{emp} = PH_{emp,oper} + PH_{emp,cad} \quad (5)$$

A pegada hídrica operacional é equivalente ao uso consuntivo da água e à poluição associada aos processos da empresa, sendo que o cálculo deve ser efetuado com base nos conceitos descritos anteriormente (capítulo 2.4). O cálculo efetuado deve englobar também a pegada hídrica operacional adicional ( $PH_{emp,oper,adic}$ ). A sua quantificação é realizada com procedimentos semelhantes aos adotados para a obtenção da pegada hídrica operacional diretamente associada à elaboração do produto ( $PH_{emp,oper,ins}$ ). O cálculo da pegada hídrica operacional é simplificado pela seguinte equação [9]:

$$PH_{emp,oper} = PH_{emp,oper,ins} + PH_{emp,oper,adic} \quad (6)$$

O procedimento, usado para o cálculo da pegada hídrica da cadeia de abastecimento, é idêntico ao utilizado no cálculo da pegada hídrica operacional. A pegada hídrica da cadeia de abastecimento é obtida pela soma da pegada hídrica associada aos *inputs* ( $PH_{emp,cad,ins}$ ) com a pegada hídrica adicional da cadeia de abastecimentos ( $PH_{emp,cad,adic}$ ) [9].

$$PH_{emp,cad} = PH_{emp,cad,ins} + PH_{emp,cad,adic} \quad (7)$$

Numa empresa, é frequente existir diferentes *inputs* (i) provenientes de fornecedores distintos (x). Como tal, a pegada hídrica da cadeia de abastecimento é obtida pela multiplicação do volume dos diversos *inputs* pela respetiva pegada hídrica, como descrito na equação 7. Esta equação apoia a designação da pegada hídrica da cadeia de abastecimento como a “soma das pegadas hídricas dos *inputs* da empresa” [9].

$$PH_{emp,cad} = \sum_x (\sum_i (PH_{prod}[x,i] \times I[x,i])) \quad (8)$$

Onde:  $PH_{prod}[x,i]$  representa a pegada hídrica do produto i proveniente do fornecedor x; e  $I[x,i]$  representa a quantidade de produto i proveniente do fornecedor x. Neste caso deve-se ter a consciência que a pegada hídrica de um produto depende da sua origem. Quando um produto vem de outra unidade da mesma empresa, o valor da pegada hídrica é obtido a partir do próprio sistema de cálculo da empresa (equação 10). Se o produto é obtido através de um fornecedor externo, o valor da sua pegada hídrica deve ser obtido junto do fornecedor ou estimado com base em dados referentes às características de produção do fornecedor. As pegadas hídricas dos produtos devem ser descritas nas três cores (azul, verde e cinza), de forma a obter um resultado final que contemple as 3 componentes da pegada hídrica, de acordo com o representado na figura 6.

A pegada hídrica operacional também pode ser designada como a “soma das pegadas hídricas dos produtos da empresa”, a pegada hídrica de cada produto final da empresa é estimada pela divisão da pegada hídrica da empresa pelo volume do produto final ( $P_{[p]}$ ). A distribuição da pegada hídrica da empresa pelos produtos finais (p) produzidos pode ser efetuada de diferentes formas, como por exemplo, de acordo com a massa, conteúdo energético ou o valor económico. De acordo com os procedimentos tradicionais em estudos de avaliação do ciclo de vida é recomendável alocar a pegada hídrica de acordo com o valor económico dos produtos finais ( $E_{[p]}$ ). Esse cálculo pode ser efetuado com recurso à seguinte equação, obtendo-se o valor da pegada hídrica em volume por unidade de produto [9]:

$$PH_{prod}[p] = \frac{E[p]}{\sum_p E[p]} \times \frac{PH_{emp}}{P[p]} \quad (9)$$

No caso de a empresa produzir um único produto, a equação 9 pode ser simplificada obtendo a seguinte forma <sup>[9]</sup>:

$$PH_{prod}[p] = \frac{PH_{emp}}{P[p]} \quad (10)$$

Todas as equações acima descritas (equações 4,5,6,7,8 e 9) devem ser aplicadas no âmbito da unidade da empresa. Supondo que a empresa é esquematizada em várias unidades (u), a pegada hídrica total da empresa ( $PH_{emp,tot}$ ) é calculada pela agregação das pegadas hídricas de todas as suas unidades. Para evitar problemas de dupla contabilização, é necessário subtrair os fluxos de água virtual (Anexo A) entre as várias unidades da empresa. Isto pode ser evitado pela aplicação da seguinte equação <sup>[9]</sup>:

$$PH_{emp,tot} = \sum_u PH_{emp}[u] - \sum_u \sum_p (PH_{prod}[u,p] \times P^*[u,p]) \quad (11)$$

Onde:  $PH_{emp}[u]$  representa a pegada hídrica da unidade u de uma empresa;  $PH_{prod}[u,p]$  representa a pegada hídrica do produto final p da unidade u para outra unidade da mesma empresa;  $P^*[u,p]$  representa o volume de produção do produto final p da unidade u para outra unidade da mesma empresa.



### 3. CASO DE ESTUDO – CARVEMA TÊXTIL

A Carvema Têxtil, Lda. é uma empresa de prestação de serviços, com atividade na área de tingimento e acabamentos de malhas, situada na freguesia de Perelhal, no concelho de Barcelos. A empresa localiza-se na bacia hidrográfica do rio Cávado, a aproximadamente 13 km da Foz.

Neste capítulo será, em primeiro lugar, feito um enquadramento geral da atividade da Carvema ao nível do setor têxtil e recursos hídricos, depois é apresentada uma descrição da empresa e do processo produtivo.

#### 3.1. ENQUADRAMENTO DO SETOR

##### 3.1.1. A INDÚSTRIA TÊXTIL E DO VESTUÁRIO

A indústria têxtil e do vestuário é uma das mais importantes indústrias para a economia de Portugal <sup>[27]</sup>. Segundo a classificação portuguesa das atividades económicas, a indústria têxtil e do vestuário insere-se na secção das indústrias transformadoras (Secção C) <sup>[28]</sup>.

Esta indústria divide-se em 2 setores fundamentais, o setor têxtil (divisão 13) e o setor do vestuário (divisão 14), a distinção é estabelecida com base nas atividades de produção associadas. O setor têxtil, situado a montante, engloba vários processos que se iniciam na obtenção e preparação da fibra, seguindo-se a fiação e a tecelagem. Após a obtenção dos tecidos e malhas, são realizados processos a nível de tinturaria, acabamentos e estamparia. O setor do vestuário situa-se a jusante e está associado às atividades de transformação dos materiais obtidos no setor têxtil em vestuário, realizando-se atividades como o corte, a confeção e o acabamento das peças de vestuário e acessórios <sup>[29][30]</sup>.

Como referido anteriormente (subcapítulo 1.1), o setor industrial tem um contributo de cerca de 7 % para a pegada hídrica de Portugal, sendo que é a indústria de produção de pasta de papel e cartão que apresenta um maior consumo de água <sup>[31]</sup>. A indústria têxtil e do vestuário em Portugal situa-se essencialmente na região Norte (75 %), no distrito de Braga (51 %), e representa 9 % das exportações totais, 20 % do emprego, 8 % do volume de negócios e 8 % da produção da indústria transformadora <sup>[32]</sup>.

Os dados presentes na tabela 3 evidenciam a localização do setor têxtil e do vestuário maioritariamente na região Norte. É importante salientar que nos 5 anos, representados na tabela anterior, verifica-se uma perda de cerca de 780 indústrias do setor têxtil em Portugal, das quais 565 foram na região norte. Salienta-se ainda que, e cerca de 2 650 indústrias do setor do vestuário foram perdidas, destas quais 2 050 indústrias deixara de existir na região norte.

**Tabela 3** – Localização das empresas do setor têxtil e do vestuário em Portugal. (adaptado INE)

Ano	Localização geográfica	Indústria têxtil		Indústria do vestuário	
		N.º	%	N.º	%
2008	Portugal	4 033	100	11 643	100
	Norte	2 870	71	8 939	77
	Centro	535	13	1 147	10
	Lisboa	358	9	1 217	10
	Alentejo	106	3	147	1
	Algarve	65	2	99	1
	Açores e Madeira	99	2	94	1
2009	Portugal	3 811	100	10 688	100
	Norte	2 696	71	8 084	76
	Centro	487	13	1 090	10
	Lisboa	354	9	1 198	11
	Alentejo	102	3	135	1
	Algarve	73	2	88	1
	Açores e Madeira	99	3	93	1
2010	Portugal	3 539	100	9 729	100
	Norte	2 506	71	7 356	76
	Centro	473	13	982	10
	Lisboa	313	9	1 086	11
	Alentejo	92	3	132	1
	Algarve	61	2	79	1
	Açores e Madeira	94	3	94	1
2011	Portugal	3 429	100	9 388	100
	Norte	2 431	71	7 161	76
	Centro	466	14	949	10
	Lisboa	303	9	1 003	11
	Alentejo	77	2	113	1
	Algarve	63	2	71	1
	Açores e Madeira	89	3	91	1
2012	Portugal	3 253	100	8 974	100
	Norte	2 305	71	6 887	77
	Centro	442	14	906	10
	Lisboa	286	9	927	10
	Alentejo	80	2	103	1
	Algarve	56	2	69	1
	Açores e Madeira	84	3	82	1

Como referido anteriormente, a empresa em estudo – Carvema Têxtil-, desenvolve a sua atividade no setor têxtil, especificamente no ramo de tinturaria e acabamentos. O processo de tingimento envolve o uso de grandes quantidades de água, que é usada para o transporte de produtos químicos para a malha. A empresa tem uma captação própria situada no rio Cávado. A água captada, após utilização no processo



produtivo é descarregada para tratamento na ETAR da empresa, e posteriormente descarregada para o rio. Na ETAR da Carvema, é também realizado o tratamento de efluente doméstico em conjunto com o efluente industrial.

As empresas deste setor têm vindo a investir em projetos de aproveitamento energético e em tecnologias que permitam reduzir o consumo de água e energia. A nível Nacional não foram encontrados estudos da aplicação da pegada hídrica em empresas deste setor.

### 3.1.2. RECURSOS HÍDRICOS E SEUS USOS

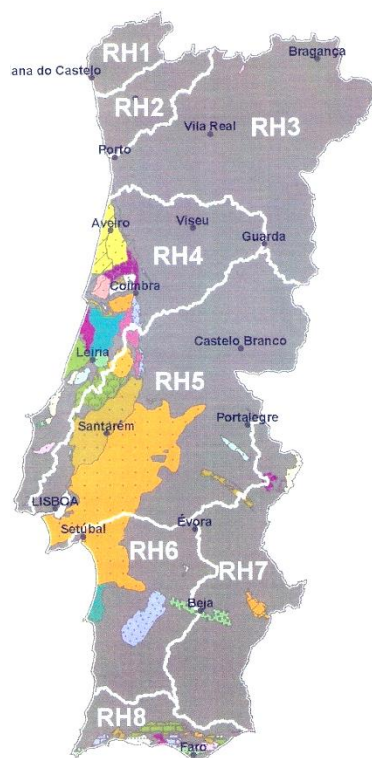
Para um melhor entendimento dos impactos que as captações e descargas da Carvema podem causar, é necessário conhecer a realidade da região hidrográfica (RH) onde a empresa está inserida. Os recursos hídricos nacionais foram divididos em diversas regiões hidrográficas (figura 8), de entre as quais se destaca a RH 2 que compreende as bacias hidrográficas dos rios Cávado, Ave e Leça e ainda as bacias costeiras entre o Minho e o Douro. Na tabela 4, descreve-se a área e o escoamento anual médio nas bacias hidrográficas que constituem a RH 2.

**Tabela 4** – Escoamentos médios e áreas das bacias hidrográficas que constituem a RH 2. (adaptado PGRH [34])

Sub-Bacia	Escoamento Anual Médio (hm <sup>3</sup> )	Área (km <sup>2</sup> )
Cávado	2 107	1 593
Ave	1 295	1 391
Leça	114	190
Costeiras entre o Neiva e o Douro	91	188
Total	3 607	3 362

Pela observação da tabela 4, constata-se que a bacia hidrográfica do Cávado, em relação às restantes bacias da RH 2, é aquela que apresenta uma maior área hidrográfica, bem como, um maior volume anual de escoamento.

A RH 2 localiza-se entre a região hidrográfica do Minho e Lima (RH 1) e a região hidrográfica do Douro (RH 3) e é delimitada pelo território espanhol a Este e pelo Oceano Atlântico a Oeste (figura 8). A APA (Agência Portuguesa do Ambiente) é, de acordo com as competências previstas na Lei da Água, a autoridade nacional da água. A nível das regiões hidrográficas existem diversas administrações regionais (ARH), integradas na APA, que prosseguem atribuições de gestão das águas, incluindo o respetivo planeamento, licenciamento e fiscalização de uma ou mais regiões hidrográficas. A região hidrográfica que inclui o rio Cávado (RH 2) é administrada pela ARH-Norte que também administra a RH 1 (Minho e Lima) e a RH 3 (Douro). A bacia hidrográfica do Cávado tem cerca de 1 593 km<sup>2</sup>, uma densidade populacional de cerca de 171 hab./km<sup>2</sup>, abrange 14 concelhos e o curso de água principal é o rio Cávado. O rio Cávado nasce na Serra do Larouco e a sua foz situa-se a cerca de 129 km de distância no concelho de Esposende. Os seus principais afluentes são o rio Homem, que nasce na serra do Gerês, e o rio Rabagão, que nasce entre as serras do Barroso e Larouco, ambos tem uma bacia hidrográfica de aproximadamente 250 km<sup>2</sup> [33][34].



**Figura 7** – Regiões Hidrográficas de Portugal Continental.

A região hidrográfica do Cávado, Ave e Leça é uma região de elevada atividade industrial com uma expressão significativa no setor têxtil a nível nacional. Esta região, tem elevada importância para a região Norte, a nível socioeconómico, principalmente em termos de criação de emprego e de volume de negócios. A atividade industrial desta região representa cerca de 88 % do emprego no setor da indústria transformadora. As indústrias alimentares, têxteis e de metalurgia de base são os setores mais representativos da atividade económica da região <sup>[34]</sup>.

**Tabela 5** – Representatividade dos setores económicos da RH 2. (adaptado PGRH <sup>[34]</sup>)

Setor	Pessoal ao Serviço		Nº Empresas/ estabelecimentos / infraestruturas		Volume de Negócio		VAB	
	Nº	%	Nº		mil €		mil €	
Agricultura e Pecuária	10 100	1,8	2 900	2,0	840 000	1,8	151 000	0,8
Indústria transformadora	159 081	27,6	18 080	12,2	12 246 311	26,2	7 362 914	40,7
Indústria Extrativa	599	0,1	108	0,1	33 391	0,1	11 140	0,1
Alojamento e Restauração	19 658	3,4	10 730	7,3	602 739	1,3	250 000	1,4
Golfe	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Produção de Energia	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Pescas e Aquicultura	1 896	0,3	342	0,2	33 767	0,1	6 500	0,0
Outros Setores	385 334	66,8	115 580	78,2	32 911 493	70,5	10 309 144	57,0
Total	576 668	100	147 740	100	46 667 701	100	18 090 698	100

A designação “outros setores” utilizada na tabela 5, refere-se a setores como o do Comércio, dos Transportes e Logística, da Construção e Produção de Energia, da Administração Pública, da Educação, entre outros. Estes representam cerca de 70 % do emprego, 78 % das infraestruturas e 57 % do VAB da região hidrográfica 2. Dos setores apresentados pode-se destacar também a Indústria Transformadora que representa cerca de 28 % do emprego da região e cerca de 41 % da VAB, revelando assim uma forte influência na economia da região. Pelo contrário os setores da Agricultura e Pecuária, da Indústria Extrativa e da Pesca e Aquicultura não têm um peso significativo na economia da região, representando aproximadamente 2 % do emprego e 1 % do VAB.

Pela análise da tabela 6, conclui-se que é o setor da Agricultura e Pecuária aquele que necessita de um maior volume de água e o que tem uma menor produtividade por volume usado. Este facto está de acordo com a realidade nacional e mundial onde o maior uso de água é efetuado pelo setor agrícola. A nível da produtividade destaca-se a Indústria transformadora que gera cerca de 196 € por m<sup>3</sup> de água utilizado, no entanto é o setor do Alojamento e Restauração que apresenta um melhor índice de “empregabilidade da água” com cerca de 11 800 trabalhadores por cada hm<sup>3</sup> de água utilizado. Das necessidades de água totais da indústria transformadora (37,49 hm<sup>3</sup>/ano), cerca de 24,7 hm<sup>3</sup>/ano correspondem a captações próprias das indústrias. A descarga de efluentes industriais para os cursos de água é, em regra, realizada após tratamento em sistemas próprios ou em sistemas de tratamento municipal ou multimunicipal <sup>[34]</sup>.

**Tabela 6** – Produtividade e necessidade de utilização consuntiva da água. (adaptado PGRH <sup>[34]</sup>)

Indicadores	Necessidades de água (hm <sup>3</sup> /ano)	Produtividade económica da água (VAB/m <sup>3</sup> )	Intensidade da utilização da água (m <sup>3</sup> /VAB)	Empregabilidade da água (Nº trabalhadores/hm <sup>3</sup> )
Agricultura e Pecuária	230,31	0,66	1,5252	44
Indústria Transformadora	37,49	196,40	0,0051	4 243
Alojamento e Restauração	1,67	149,73	0,01	11 774

Um dos pontos fortes da RH 2 é a taxa média do uso consuntivo dos recursos hídricos ser relativamente baixa, cerca de 9 %, atingindo valores superiores a 23 % nas massas de água que a integram. Em contrapartida, verifica-se que nesta região há um uso pouco eficiente da água <sup>[34]</sup>.

**Tabela 7** – Usos consuntivos de água por sub-bacia para a RH 2. (adaptado PGRH <sup>[34]</sup>)

Sub-Bacia	Necessidades hídricas para usos consuntivos (hm <sup>3</sup> /ano)						Necessidades hídricas por unidade de área (hm <sup>3</sup> /ano.km <sup>2</sup> )
	Urbano	Indústria	Agricultura	Pecuária	Turismo	Total	
Cávado	14,8	5,24	103,8	0,63	0,05	124,5	0,078
Ave	38,9	16,67	101,4	1,08	0,05	158,1	0,113
Leça	13,8	2,72	9,0	0,15	0,05	25,7	0,134
Costeiras entre o Neiva e o Douro	11,5	0,37	14,9	0,42	0,16	27,4	0,145
Total	79,0	25,0	229,1	2,28	0,31	335,7	-

Atendendo aos dados da tabela 7, como seria de esperar verifica-se que a Agricultura representa cerca de 68 % das necessidades hídricas de todas as bacias hidrográficas da RH 2. Para o caso do rio Cávado, observa-se que o uso de água para a indústria é menor que o uso Urbano e as necessidades hídricas por unidade de área são as menores comparativamente às restantes bacias que constituem a RH 2.

**Tabela 8** – Empresas do setor têxtil e do vestuário na região do Cávado e no concelho de Barcelos. (adaptado INE)

Ano	Localização geográfica	Indústria Têxtil	Indústria do vestuário
		N.º	N.º
2008	Cávado	449	2 397
	Barcelos	293	1 832
2009	Cávado	435	2 165
	Barcelos	285	1 658
2010	Cávado	390	1 984
	Barcelos	266	1 505
2011	Cávado	377	2 012
	Barcelos	257	1 527
2012	Cávado	353	1 934
	Barcelos	232	1 469

De acordo com a tabela 8, verifica-se que a maioria das empresas do setor têxtil e do vestuário da região do Cávado estão situadas no concelho de Barcelos. À semelhança do ocorrido em Portugal, na região do Cávado nos 5 anos analisados o setor têxtil perdeu cerca de 96 empresas, 64 % das quais foram perdidas no concelho de Barcelos. O setor do vestuário perdeu cerca de 463 empresas, das quais 78 % foram perdidas no concelho de Barcelos.

**Figura 8** – Localização da Carvema na bacia hidrográfica do Cávado. (adaptado PGRH - Anexo 3 <sup>[35]</sup>)

A captação da Carvema, destacada a preto na figura 8, situa-se numa zona do rio Cávado designada por “Cávado-WB2”. Esta zona, em destaque a cor vermelha na figura 8, é identificada pelo código PT02CAV0102 e possui uma área de drenagem de aproximadamente 58 km<sup>2</sup>. Nesta zona cerca de 64% da água captada (2,857 hm<sup>3</sup>/ano) é para o uso industrial, 29 % é destinada ao abastecimento Urbano e as restantes captações são para o uso agrícola e para a pecuária. Todos os efluentes são descarregados para o rio após tratamento <sup>[35]</sup>.

### 3.2. HISTÓRIA E INSTALAÇÕES DA CARVEMA

A empresa tem 40 anos de existência, emprega 140 funcionários e tem uma capacidade real de 15 toneladas/dia de malha acabada. A Carvema (figura 9) tem capacidade para o tratamento dos mais diversos artigos, desde as fibras mais tradicionais como o algodão e o poliéster, às mais delicadas como as poliamidas, fibras de celulose regenerada, entre outras. A abrangência dos tratamentos é conseguida pela variedade de equipamentos de tingimento e acabamentos instalados <sup>[15]</sup>.



**Figura 9** – Vista aérea das instalações da Carvema.

A unidade de produção da empresa (figura 10) é constituída pelo armazém de receção de malha, o setor de tinturaria, o setor dos acabamentos e o armazém de malha para expedição. Além da unidade de produção, a empresa possui a unidade de apoio (figura 10), constituída pelos edifícios administrativos, gabinetes e por dois laboratórios: o laboratório químico e o laboratório físico. O laboratório químico, utilizado para apoiar as atividades decorrentes na tinturaria, e para o desenvolvimento de novas cores, tem uma capacidade média de 300 ensaios por dia. O laboratório físico, apoia o controlo de qualidade efetuado durante a produção e faz o controlo de qualidade final dos artigos. O controlo de qualidade assenta nos mais diversos parâmetros solicitados pelos clientes, podendo estes ser parâmetros físicos (peso/m<sup>2</sup>, estabilidade dimensional, pilling, entre outros) ou químicos (solidez de tinto à lavagem, à água, ao suor ácido e alcalino, à fricção, entre outros) <sup>[15]</sup>.

Seguidamente, é apresentado o esquema simplificado das atividades e setores da Carvema.

No âmbito da responsabilidade ambiental, a empresa possui desde 1992 a sua própria ETAR (figura 10) cumprindo assim na íntegra todas as normas ambientais impostas pelo ministério da tutela, nomeadamente sobre as emissões atmosféricas, a deposição em aterro dos seus resíduos industriais banais, das lamas resultantes do tratamento dos efluentes e dos resíduos de papel e cartão <sup>[15]</sup>.

### 3.2.1. CERTIFICADOS E RESPONSABILIDADES

A Carvema tem vindo a empenhar-se, no sentido da obtenção de certificados importantes para o seu setor. Estes certificados contribuem para uma melhoria da imagem da empresa, a confiança dos seus clientes, e funcionamento interno da empresa. No setor têxtil, a Carvema foi a primeira empresa a obter a certificação ISO 9001 do seu sistema de qualidade, por parte do Instituto Português da Qualidade. Possui ainda a certificação ecológica *Oeko-Tex Standard 100*, Classe I, como garantia da ausência de substâncias nocivas nos seus produtos. Além disso, encontra-se também certificada pelo Instituto de *Marketecology* (IMO), como estando de acordo com o *Global Organic Textile Standard* (GOTS) 2.0 para operar no mercado têxtil [15].

Além da certificação, a Carvema tem outras políticas, tanto a nível social como a nível ambiental. Estas políticas, foram elaborados de forma a cumprir os seus objetivos, reduzir os impactos causados e reforçar a sua imagem no mercado. A nível social, a empresa desde o início da sua atividade teve consciência da importância que representa para a localidade, procurando ao longo dos anos cooperar no desenvolvimento socioeconómico e cultural da freguesia, ajudando a criar melhores condições de vida aos seus habitantes [15].

A nível ambiental a empresa inclui, no seu plano de formação anual, ações que visam a sensibilização dos seus trabalhadores para as questões ambientais. A empresa tem o cuidado de estabelecer relações com alguns dos fornecedores de referência no setor ambiental, de forma a obter informação atualizada acerca da evolução dos métodos e tecnologias utilizadas.

Existe um protocolo assinado com a empresa Águas de Barcelos para o tratamento de efluentes domésticos, gerados por um aglomerado populacional, com cerca de 400 habitantes, da freguesia de Perelhal. Assim, na ETAR da Carvema é tratado efluente doméstico da população em conjunto com o efluente produzido pela empresa. Além disso, há uma participação ativa em “projetos-piloto” para o desenvolvimento de novas tecnologias na área do tratamento de águas residuais industriais [15].

A Carvema adquiriu como uma das principais políticas o desenvolvimento constante, isso é conseguido através da evolução tecnológica dos equipamentos e processos. Esta evolução é conseguida através da ligação próxima com os principais fornecedores, acompanhando de perto a evolução dos equipamentos, tecnologias e processos. Os responsáveis da empresa visitam habitualmente feiras internacionais do ramo têxtil e procuram participar nos seminários realizados nas associações com responsabilidade no setor. Isso permite à empresa manter uma posição de destaque no mercado.

Existem também protocolos com várias universidades, quer para visitas de estudo, quer para a realização de estágios de final de curso [15].

### 3.3. PROCESSO PRODUTIVO E EQUIPAMENTOS

A Carvema, como empresa de prestação de serviços, recebe a malha dos clientes, processa a malha conforme as especificações requeridas e devolve a malha ao cliente. Ou seja, a empresa não possui produção própria de malha tingida para venda, apenas processa a malha conforme as encomendas dos clientes. A malha é processada com recurso a programas pré-definidos e sequenciados de acordo com a composição da malha, a fibra a tingir e as especificações requeridas pelo cliente. O processo produtivo (Anexo B) pode ser dividido em várias operações desde a entrada da malha em cru no armazém (no seu estado básico), até a saída da malha já tingida e com o toque, a largura, a gramagem e a estabilidade dimensional pretendida pelo cliente [15]. Como referido anteriormente no subcapítulo 3.1.1, a água é utilizada para transportar os produtos químicos para a malha. Ou seja, sempre que é necessária a adição de produtos químicos, ao longo do processo produtivo, é utilizada água.



O processamento da malha na Carvema pode ser dividido essencialmente em 3 etapas: a preparação da malha, o tingimento e os acabamentos. As fibras (Anexo C) constituintes da malha têm uma grande influência nas técnicas utilizadas ao longo de todo o processo, tendo em conta que as suas características influenciam o manuseamento da malha e restringem a gama de corantes que podem ser utilizados. O tingimento pode ser visto como a etapa principal do processo produtivo, sendo que nesta etapa, a principal evolução está relacionada com os equipamentos e as relações de banho utilizadas. A nível dos acabamentos há uma constante evolução das técnicas utilizadas e das características que a malha pode adquirir <sup>[15]</sup>.

Quando a malha (fornecida pelo cliente), é recebida, é elaborado um documento, denominado “guia de receção”, que contém diversas informações sobre a malha, nomeadamente, os dados do cliente, a quantidade recebida, as suas características, a composição, entre outras informações. O laboratório químico recebe as informações sobre a malha e é desenvolvida a cor pretendida pelo cliente. A primeira etapa do processo produtivo é a preparação da malha, que é o processo que antecede o tingimento, onde se realizam diversas operações de acordo com as técnicas adotadas pela empresa. Após a preparação da malha e o desenvolvimento da cor, é realizado o tingimento, que depende do tipo de fibra a tingir e dos corantes utilizados no tingimento. Este pode ser dividido em 3 fases <sup>[15]</sup>:

- Fase 1: preparação da malha para o tingimento, que se baseia na lavagem e remoção de impurezas da malha.
- Fase 2: tingimento à base de corantes diretos, reativos, dispersos, ácidos, entre outros. Nesta fase a malha adquire a cor definida pelo cliente.
- Fase 3: ocorre após a malha estar tingida e baseia-se num conjunto de processos, como a Lavagem, o Amaciamento e o Ensaboamento. Estes têm o objetivo de retirar o corante em excesso e conferir determinadas características, até a malha estar preparada para os processos de acabamentos.

O processo de tingimento desenvolve-se em equipamentos denominados *Jet* (figura 11), onde o operador recebe uma ficha técnica que combina programas pré-definidos para realização das 3 fases referidas anteriormente. Esses programas estão identificados por um código que é introduzido pelo operador na consola do equipamento, sendo executados pela ordem introduzida. Ao longo dos programas o equipamento emite alarmes para que o operador execute determinadas tarefas, nomeadamente, o controlo do pH, a extração de uma amostra para controlo de qualidade, a introdução de determinado produto químico nos depósitos auxiliares, etc. No final do processo de tingimento, a malha é retirada do *Jet* e encaminhada para as Máquinas de Abrir (Anexo A) <sup>[15]</sup>.



Figura 11 – Jet utilizado em processos de tingimento de malha.



Segue-se então a fase de acabamento da malha, onde são realizadas operações de Secagem, Ramolagem, Sanforização, Compactação, Cardação, Calandragem e Laminagem (Anexo D). Nesta fase pretende-se conferir à malha determinadas características físicas (como o toque, largura, peso por metro quadrado e estabilidade dimensional) solicitadas pelo cliente, bem como, efetuar certos acabamentos mecânicos que poderão alterar a utilização final da malha. Neste setor é também retirada toda a água à malha, através de processos mecânicos e processos térmicos (Secagem e Ramolagem). O processo produtivo da Carvema inclui a utilização de, pelo menos, um dos equipamentos de secagem térmica <sup>[15]</sup>.

No final destes processos a malha é armazenada no armazém enquanto são realizados ensaios de controlo de qualidade. Caso os parâmetros sejam cumpridos, a malha será expedida. Se a malha não for aprovada no controlo de qualidade, serão repetidos alguns processos. Isto para proceder ao ajustamento dos parâmetros até estarem em conformidade com o exigido.

Os consumos energéticos da empresa devem-se, essencialmente, aos setores de tinturaria e acabamentos. No setor de tinturaria, o consumo de água nos processos varia conforme o tipo de tingimento e a intensidade da cor. Teoricamente, cada processo de tingimento pode usar, em média, 0,5 m<sup>3</sup> de água para uma quantidade inicial de 5 kg de malha e cerca de 85 m<sup>3</sup> de água para uma quantidade inicial de 850 kg de malha. Os processos de tingimento tem uma duração média de 8 horas, existindo no setor de tinturaria cerca de 30 *Jets*, sendo que, normalmente, existem vários a funcionar em simultâneo. Em ambos os setores é consumido gás natural, no setor de tinturaria, esse consumo, deve-se ao uso vapor e água quente nos processos, e no setor de acabamentos, o gás natural é consumido nas râmolas e na secadeira.

Os *Jet* são dotados de permutadores de calor que 1) aquecem o banho, com recurso ao vapor de água produzido nas caldeiras a uma certa pressão e temperatura, e, 2) arrefecem o *Jet* com o uso de água fria em contracorrente (Anexo E). A água de arrefecimento é reaproveitada para o uso nas Caldeiras. A drenagem do efluente quente é realizada em separado, com recurso a um permutador de placas, ficando este armazenado em tanques com o objetivo de arrefecer antes do tratamento na ETAR. Existe um sistema implementado, que faz o aproveitamento energético deste efluente, com recurso a um permutador de calor onde circula a água captada, antes de ser utilizada no processo produtivo. Assim além de um arrefecimento mais acelerado da água, consegue-se elevar a temperatura da água captada, contribuindo para uma poupança energética necessária para aquecer a água utilizada nos processos produtivos <sup>[15]</sup>.

Além das poupanças energéticas referidas, existe uma empresa de cogeração (figura 10), que funciona em paralelo com a Carvema. Na empresa de cogeração, é aproveitado o calor gerado no sistema de produção de energia elétrica, para fornecer vapor e água quente ao processo produtivo da Carvema. A água quente é fornecida a uma temperatura que varia entre os 50 e 55°C, permitindo que os *Jet* utilizem diretamente a água levando a uma poupança do vapor de água usado <sup>[15]</sup>.



## 4. PEGADA HÍDRICA DA CARVEMA

### 4.1. METODOLOGIA ADOTADA E LIMITES CONSIDERADOS

De forma a viabilizar e enquadrar o estudo num plano global, deve-se seguir uma metodologia global e adaptar para o caso de estudo. Para isso, foi necessário um conhecimento geral dos principais setores da empresa e a interação entre eles (figura 10).

Para o cálculo da pegada hídrica da Carvema, foi necessário estabelecer as fronteiras deste estudo (figura 10), isto é, as atividades e processos considerados pertinentes para o cálculo da pegada hídrica da empresa. Assim foram tidas em consideração as atividades associadas à unidade de apoio à produção (edifícios administrativos, o laboratório de controlo de qualidade, o laboratório químico e os diversos gabinetes) e a unidade de produção (armazém de receção, o setor de tinturaria, o setor de acabamentos e o armazém de expedição de malha). O objetivos do estudo foram a contabilização da pegada hídrica direta e indireta da empresa, e estudar a influência do setor de tinturaria e acabamentos no consumo e poluição de água.

O sistema de cogeração não foi considerado, pois apesar de funcionar em paralelo com a empresa, pertence e é gerido por uma outra empresa, ainda que pertencente ao mesmo grupo.

Numa primeira fase, foram acompanhados alguns processos de tingimentos (partidas), com o objetivo de perceber algumas questões técnicas. Analisou-se não só os consumos de água e os mecanismos de aquecimento, como também foram visualizados os procedimentos realizados pelo operador assim que era acionado o alarme do *Jet*. Como a pegada hídrica dos processos é a base do cálculo das restantes pegadas hídricas, numa fase inicial estudou-se a possibilidade de contabilizar a pegada hídrica dos processos da empresa. Entretanto, devido à variedade de processos envolvidos e à dificuldade de obtenção de alguns dados específicos, considerou-se que esta hipótese não é viável.

Para o estudo, recolheram-se os dados relativos ao setor de tinturaria e acabamentos relativos ao ano de 2013, visto que a empresa trabalhou na sua capacidade máxima. Os dados recolhidos estão descritos mensalmente, mas estes apenas são usados para analisar a variação das perdas ao longo do ano. A empresa não possui produção própria de malha tingida para venda, apenas processa a malha fornecida pelos clientes. Logo, a produção da Carvema depende dos seus clientes. Isto pressupõe, uma grande diversidade nos tipos de malha processados e nas especificações requeridas e consequentemente nos processos utilizados. Assim, uma comparação de desempenhos mensais pode levar a conclusões erradas, pois, para cada mês, existirá um conjunto de processos distintos. Portanto, a pegada hídrica final será apresentada em termos de volume (m<sup>3</sup>) anual, para que haja uma base de comparação do desempenho da empresa, em relação a trabalhos futuros. Para uma melhor perceção da variação da pegada hídrica em relação à produção total da empresa, utilizou-se a equação 12 que relaciona o tipo (z) de pegada hídrica obtida num determinado período (h) com a produção total nesse período em toneladas (t) (tabela 9).

$$PH_z = \frac{PH_{zh}}{\text{Produção malha}_h} \quad (12)$$

**Tabela 9** – Quantidade de malha processada pela Carvema ao longo do ano de 2013.

Período (h)	Produção Total (t)
Janeiro	273
Fevereiro	239
Março	299
Abril	302
Maio	285
Junho	246
Julho	301
Agosto	67
Setembro	307
Outubro	361
Novembro	339
Dezembro	235
2013	3 253

A Carvema registou um consumo médio de água de cerca de 112 m<sup>3</sup> por hora, o que implica um volume diário de água captada de 2 697 m<sup>3</sup> e de 628 326 m<sup>3</sup> por ano (tabela 10). De acordo com a tabela 9, verifica-se que no ano de 2013 a Carvema processou cerca de 3 253 toneladas de malha, o que implicou uma captação de cerca de 193 m<sup>3</sup> de água por cada tonelada de malha processada. Pela observação da tabela 10, verifica-se que este consumo de água ocorre, essencialmente, no setor de tinturaria (representando cerca de 96 % do consumo total).

**Tabela 10** – Consumos de água da Carvema no ano de 2013.

Descrição	Consumo (m <sup>3</sup> )
Tinturaria	601 531
Máquinas de Abrir	18 640
Caldeiras	8 155
Total	628 326

Relativamente ao setor de acabamentos, os consumos de água dos equipamentos são reduzidos, apenas se destacam as duas máquinas de abrir que representam cerca de 3 % do consumo total, ou seja, um consumo diário total de aproximadamente 80 m<sup>3</sup>. Além dos consumos em ambos os setores, salienta-se o consumo das caldeiras na ordem dos 35 m<sup>3</sup>/dia que representa cerca de 1 % do consumo total.

No estudo realizado, foram excluídos outros usos de água considerados residuais, e que, percentualmente, representam usos abaixo de 1 % do volume total de água utilizado pela empresa. O setor de tinturaria representa, assim, a maior preocupação para a empresa em termos de consumo de água. Será de referir que, no consumo descrito para o setor de tinturaria, estão incluídos os consumos de água nas instalações sanitárias e nos edifícios de apoio à produção.

É importante salientar que os dados presentes na tabela 10 são referentes à captação total de água e aos consumos mais significativos contabilizados na empresa. A metodologia utilizada para o cálculo da pegada hídrica Carvema, foi descrita no Manual de Avaliação da Pegada hídrica de 2011 <sup>[9]</sup>. As linhas orientadoras e os conceitos descritos neste documento foram já explicados anteriormente neste estudo, nomeadamente no capítulo 2. Convém ainda salientar que, os dados utilizados foram adquiridos tendo em conta alguns

dos parâmetros descritos nas tabelas 1 e 2 para o cálculo da pegada hídrica direta e indireta. Para cada um destes tipos de pegada hídrica, calcularam-se as diferentes componentes da pegada hídrica (a pegada hídrica azul, verde e cinza).

## 4.2. PEGADA HÍDRICA OPERACIONAL

Para determinar a pegada hídrica operacional considerou-se a pegada hídrica diretamente associada à elaboração do produto e a pegada hídrica adicional. A pegada hídrica, diretamente associada à elaboração do produto, foi determinada segundo os três tipos de pegada hídrica (azul, verde e cinza) descritos anteriormente. Para a pegada hídrica azul, diretamente associada à elaboração do produto, obteve-se um valor anual de 59 075 m<sup>3</sup> (4 %). O valor obtido para a pegada hídrica cinza, diretamente associada à elaboração do produto, foi de 1 534 252 m<sup>3</sup> (96 %) de água necessária anualmente para assimilar a carga de poluentes gerada, valor associado ao poluente mais crítico (CQO). Quanto à pegada hídrica verde, pode referir-se que o valor obtido foi igual a zero. Isto porque, a empresa não utiliza água verde no seu processo produtivo.

Para a pegada hídrica adicional, referente ao consumo de água em atividades que não estão diretamente relacionadas com a elaboração do produto (cozinhas, casas de banho, laboratórios), não foram feitas determinações. Na empresa apenas são realizadas medições do consumo total e não é possível distinguir o consumo nestas atividades. Mas, o volume associado a esta componente não é significativo, por exemplo, estimando que nos laboratórios se usa aproximadamente 1 m<sup>3</sup> de água por dia, esse consumo corresponde a aproximadamente 0,04 % do consumo médio diário.

Utilizando a equação 6, foi determinado o valor da pegada hídrica operacional, cujo valor anual foi de 1 593 327 m<sup>3</sup>. Isto equivale a uma pegada hídrica operacional anual de cerca de 490 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha processada. Nos subcapítulos seguintes, apresentam-se os cálculos e as considerações efetuadas, para obtenção dos valores de pegada hídrica operacional aqui apresentados.

### 4.2.1 DIRETAMENTE ASSOCIADA À ELABORAÇÃO DO PRODUTO

#### 4.2.1.1. PEGADA HÍDRICA AZUL

Toda a água utilizada pela empresa é proveniente de captações próprias situadas no rio Cávado, ou seja, a água utilizada, pela empresa, corresponde a água azul. Como referido anteriormente, a contabilização da pegada hídrica azul refere-se ao uso consuntivo da água. Nesse sentido, a pegada hídrica azul foi determinada através da diferença entre o volume total de água captado ( $V_{\text{captado}}$ ) (tabela 11) e o volume de água que é devolvido ao rio Cávado ( $V_{\text{efluente industrial}}$ ) (após tratamento na ETAR), de acordo com a seguinte equação:

$$PH_{\text{Azul}_h} = V_{\text{captado}_h} - V_{\text{efluente industrial}_h} \quad (13)$$

Convém salientar que, o cálculo da pegada hídrica através desta equação pressupõe a inexistência de perdas de água no processo produtivo (sob a forma de efluentes líquidos). Caso isto ocorresse, a pegada hídrica obtida seria inferior. Uma outra forma de calcular a pegada hídrica azul, seria através da estimativa da evaporação existente no processo produtivo, bem como, da água incorporada no produto. No entanto, a informação disponível e a incerteza associada a este cálculo, levou à utilização da equação anterior.

De seguida, apresentam-se algumas considerações efetuadas, que refletem as análises efetuadas, com base na realidade da empresa, previamente à determinação da pegada hídrica azul pela equação 13.

A malha entra no processo produtivo com uma humidade natural, que varia consoante a sua constituição. Apesar de ser molhada no processo de tingimento, e incorporar cerca de 2 litros de água por cada quilograma de malha, no setor de acabamentos toda a água é retirada. Portanto, não há incorporação de

água no produto final, visto que a malha é devolvida ao cliente contendo apenas o teor de humidade natural. Por vezes, no final do processo produtivo a humidade da malha está abaixo da considerada natural, no entanto, é repostada naturalmente devido à humidade do ar no armazém.

No setor dos acabamentos, como referido anteriormente (subcapítulo 3.3), a água é retirada da malha, por processos mecânicos, sendo os efluentes drenados para a ETAR, e por processos térmicos, em que a água é retirada da malha por aquecimento, havendo emissão de vapor de água para atmosfera. Todavia, não é só a água incorporada no tingimento que é retirada, porque após secagem pode haver nova adição de produtos químicos à malha. Como referido anteriormente (subcapítulo 3.3), a adição de produtos químicos à malha implica a utilização de água. Ou seja, caso ocorra a adição de produtos químicos à malha depois da primeira secagem, será necessário voltar a retirar a água incorporada na malha, havendo emissões de vapor de água. Além das perdas observadas nos equipamentos onde ocorre a secagem térmica da malha (Râmolos e Secadeira), existem perdas por evaporação associadas ao sistema de aquecimento, devido à libertação de vapor de água em alguns processos.

Ao longo de todo o processo produtivo, todos os efluentes gerados são drenados para a ETAR, e, após tratamento, são descarregados de volta para o rio Cávado. Ou seja, a água retorna ao mesmo rio de onde foi captada num período de tempo reduzido, logo este volume de água corresponde a um uso não consuntivo e não é considerado como parte da pegada hídrica azul da empresa.

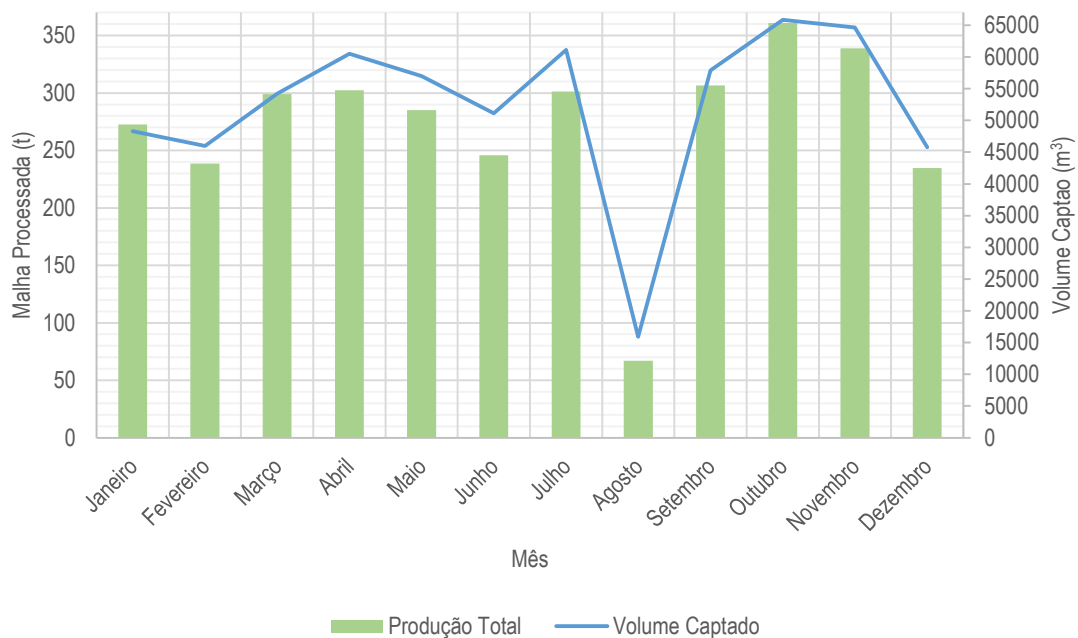
O volume de água captado (tabela 11) é contabilizado tanto pela empresa como pela ARH-Norte, pois a empresa está sujeita ao pagamento de uma taxa de utilização de recursos hídricos do domínio público do estado (componente A) (Anexo F) <sup>[36]</sup>. O efluente descarregado para o rio também é medido por ambas entidades, devido a aplicação de uma taxa sobre as descargas feitas para o rio (componente E) (Anexo F) <sup>[36]</sup>. É importante salientar que o volume medido à saída da ETAR inclui, não só, efluente industrial, mas também, como já referido no subcapítulo 3.2.1, efluente doméstico proveniente de um aglomerado populacional próximo da empresa. Apesar desse volume doméstico ser pouco relevante (quando comparado com o efluente industrial), optou-se por usar apenas o volume de efluente industrial (tabela 11), caso contrário a pegada hídrica azul seria subestimada.

**Tabela 11** – Dados relativos a 2013 para o cálculo da pegada hídrica azul.

Período	Volume Captado (m³)	Efluente Industrial (m³)	Pegada Hídrica Azul		
			m³	m³/ t	%
Janeiro	48 300	43 240	5 060	19	10
Fevereiro	46 000	41 062	4 938	21	11
Março	54 190	48 818	5 372	18	10
Abril	60 530	54 874	5 656	19	9,3
Maio	56 990	51 334	5 656	20	10
Junho	51 140	46 648	4 492	18	8,8
Julho	61 120	55 629	5 491	18	9,0
Agosto	15 900	13 392	2 508	37	16
Setembro	57 892	52 507	5 385	18	9,3
Outubro	65 870	60 638	5 232	14	7,9
Novembro	64 634	59 773	4 861	14	7,5
Dezembro	45 760	41 336	4 424	19	10
2013	628 326	569 251	59 075	18	9,4

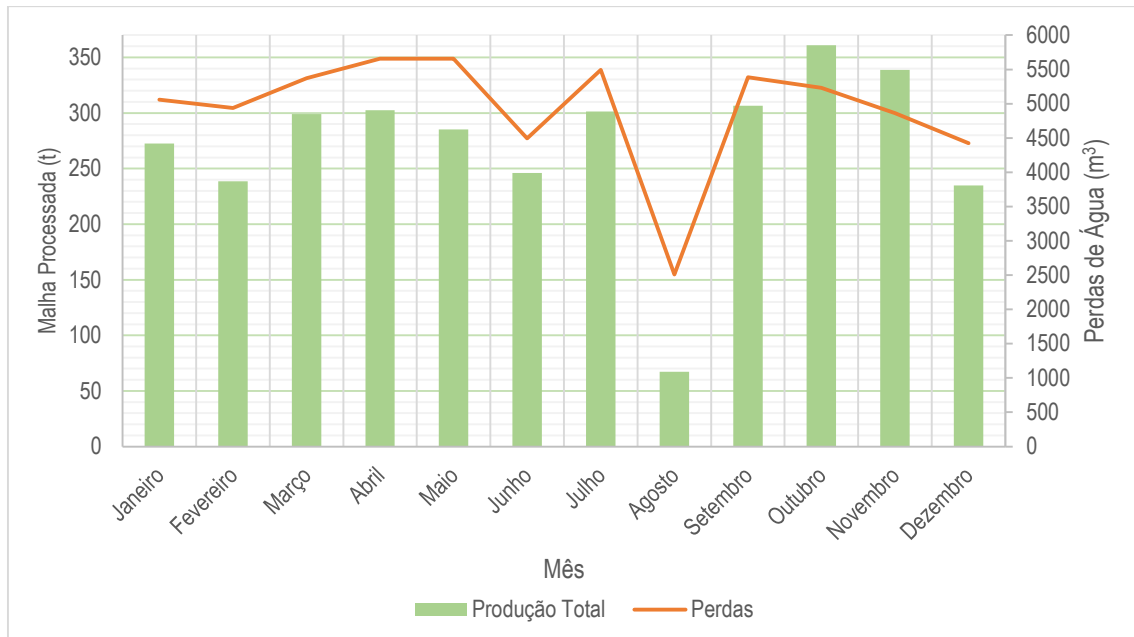
Na tabela 11, verifica-se que as perdas (pegada hídrica azul) mensais variam de cerca de 4 500 m<sup>3</sup> até um máximo de cerca de 5 700 m<sup>3</sup>, que correspondem a valores percentuais entre 7,5 e 10 % do volume captado. Analisando as perdas em relação à produção, constata-se que por cada tonelada de malha há perdas mensais entre 14 e 21 m<sup>3</sup>. Para o mês de Agosto, observam-se valores relativamente elevados em relação aos restantes meses. Tal justifica-se por ser o período de férias adotado pela generalidade do setor, e também na Carvema, sendo que o período de paragem é também para a realização de manutenção e lavagem dos equipamentos, bem como uma limpeza geral de toda a empresa, o que justifica que as perdas por tonelada de produto aumentem. Para o ano de 2013 verifica-se uma perda total anual de aproximadamente 59 075 m<sup>3</sup>, que corresponde a cerca de 9,4 % do volume total captado e a uma perda média de 18 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha processada.

Para uma melhor perceção da variação das perdas ao longo do ano, apresentam-se as seguintes representações gráficas que relacionam a produção total, o volume de água captado e a pegada hídrica azul.



**Figura 12** – Relação entre o volume de água captado (m<sup>3</sup>) e a quantidade de malha processada (t).

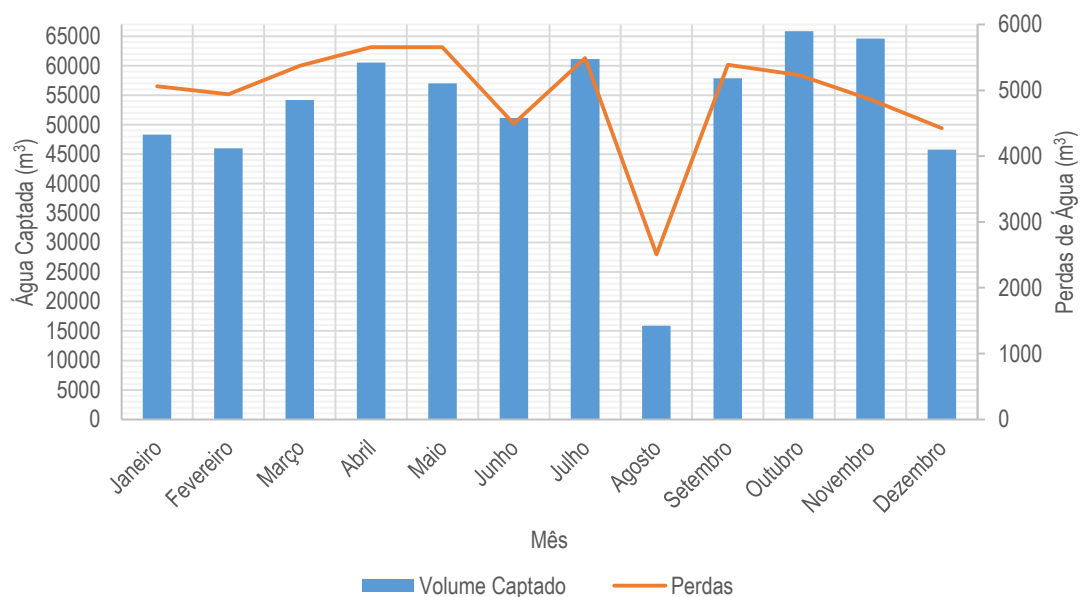
Analisando a figura 12, que relaciona o volume de água captado (m<sup>3</sup>) e a quantidade de malha processada (t), pode constatar-se que a variação do volume captado mensalmente não é proporcional à quantidade de malha processada no mesmo período, pois nem sempre uma maior quantidade de malha processada implica um maior volume captado. Por exemplo, comparando Janeiro e Junho, averigua-se que apesar de Janeiro registar uma maior quantidade de malha processada, é no mês de Junho que se regista um maior volume de água captado. A mesma situação pode ser observada comparando Março e Maio. A variação observada está de acordo com a realidade, uma vez que o volume captado pela empresa depende de diversos fatores, como a especificidade da malha e os processos utilizados.



**Figura 13** – Relação da quantidade de malha processada (t) com as perdas de água (m³).

A figura 13, que relaciona a quantidade de malha processada (t) com as perdas de água (m³), evidencia a influência da produção da empresa na pegada hídrica azul. À semelhança do verificado anteriormente, pode também constatar-se que nem sempre uma maior produção implica um aumento da pegada hídrica azul. Observando os meses de Setembro e Outubro, verifica-se que apesar de se assistir a um aumento da produção e do consumo as perdas diminuem.

As perdas analisadas ao longo deste capítulo incluem uma possível evaporação de água nos tanques da ETAR ao longo do tratamento. Essas perdas são mais significativas para os meses mais quentes, mas, no total, não são significativas em comparação com as perdas na unidade de produção, por isso não foram contabilizadas separadamente.



**Figura 14** – Relação entre o volume de água captado (m³) e as perdas de água (m³).



Pela análise da figura 14, que relaciona o volume de água captado ( $m^3$ ) e as perdas de água ( $m^3$ ), permite apurar que não há uma relação linear entre o volume captado e as perdas, ou seja, o aumento do volume de água captado não implica o aumento das perdas e vice-versa. Isto verifica-se entre Abril e Maio, já que o volume captado diminui mas as perdas são iguais, e entre Setembro e Outubro, uma vez que o volume captado aumenta mas as perdas diminuem ligeiramente.

A análise das figuras anteriores permite concluir que não existe uma relação linear entre a produção total, o volume de água captado e as perdas. A quantidade de malha processada está diretamente relacionada com o tipo clientes, o volume de encomendas e a capacidade produtiva da empresa. As perdas e o volume captado dependem dos processos e das técnicas utilizadas, que são função do tipo de malha e das solicitações do cliente. O estudo dos diferentes fatores que influenciam as perdas é bastante complexo, pois depende de várias condicionantes produtivas, função do tipo de produto e características da malha, e seria necessária a realização de medições e/ou a utilização de dados mais específicos.

#### 4.2.1.2. PEGADA HÍDRICA VERDE

Tendo em conta que toda a água utilizada na Carvema é proveniente da captação existente no rio Cávado, não há qualquer consumo de água verde (proveniente da precipitação). Apesar de nos edifícios da empresa existir um sistema de drenagem de águas pluviais, toda a água que entra nesse sistema escoar diretamente para o rio. Por isso, como não há consumo de água verde não há pegada hídrica verde associada à produção da Carvema.

#### 4.2.1.3. PEGADA HÍDRICA CINZA

Como previamente referido, a pegada hídrica cinza é um indicador do grau de poluição da água associado ao processo produtivo da empresa. A determinação efetuada teve por base a aplicação da equação 3 subcapítulo 2.3.3). Para tal, tornou-se necessário estimar alguns parâmetros existentes, uma vez que não foi possível obter informação suficiente. Tal como o cálculo da pegada hídrica azul, a pegada hídrica cinza, foi determinada com base no somatório dos valores mensais, não só, para analisar a variação da concentração de efluentes ao longo do ano, mas também, para um cálculo mais preciso. Se o cálculo for baseado na média das concentrações obtidas ao longo do ano a pegada hídrica cinza será subestimada.

Para o cálculo da pegada hídrica cinza foram usados os volumes de água captada e efluente rejeitado, como indica a equação 3. Para determinar o valor da taxa correspondente à componente E, além de ser contabilizado o volume do efluente descarregado mensalmente, são determinadas as concentrações de alguns poluentes (Anexo F). O controlo de qualidade do efluente à saída da ETAR, é efetuado pela Carvema e pela ARH-Norte, os dados obtidos encontram-se descritos na tabela 12.

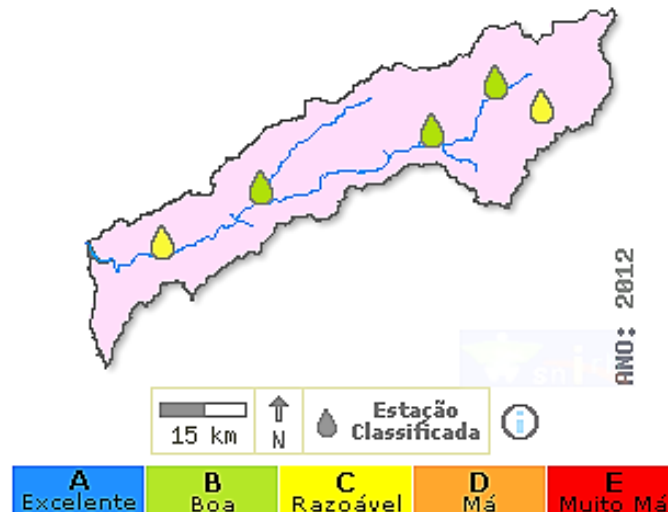
**Tabela 12** – Caracterização do efluente descarregado para o rio Cávado no ano de 2013.

Período	CQO (kg/m <sup>3</sup> )	CBO <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	Azoto Total (kg/m <sup>3</sup> )	Fósforo (kg/m <sup>3</sup> )	SST (kg/m <sup>3</sup> )
Janeiro	0,128	0,0320	0,0064	0,0052	0,02
Fevereiro	0,108	0,0240	0,0082	0,0063	0,03
Março	0,094	0,0150	0,0070	0,0054	0,03
Abril	0,139	0,0320	0,0082	0,0068	0,02
Maio	<b>0,153</b>	0,0380	0,0086	0,0072	0,04
Junho	0,147	0,0340	0,0077	0,0071	0,03
Julho	0,091	0,0150	0,0080	0,0030	0,02
Agosto	0,082	0,0025	0,0100	0,0017	0,02
Setembro	<b>0,231</b>	0,0140	0,0140	0,0045	<b>0,17</b>
Outubro	0,080	0,0210	0,0120	0,0032	0,03
Novembro	0,058	0,0200	0,0110	0,0039	0,04
Dezembro	0,021	0,0080	0,0120	0,0041	0,02

Através da análise da tabela 12, é possível verificar que existem vários poluentes caracterizados para o efluente descarregado. Porém, a pegada hídrica cinza é determinada com base no poluente mais crítico, ou seja, aquele que apresenta uma maior pegada hídrica cinza associada <sup>[9]</sup>. Os valores em destaque na tabela 12 indicam as situações para as quais os valores limite de emissão na descarga de águas residuais, de acordo com anexo XVIII do Decreto-Lei n.º 236/98, foram ultrapassados.

Em relação à concentração de poluentes na água captada, como as suas características não afetam a produção, não é realizado um controlo de qualidade pela empresa, logo esta não possui dados úteis ao estudo relativos à qualidade da água. Na realidade, já foram oportunamente realizados ensaios pela Carvema, com o objetivo de comprovar que a água captada possuía qualidade suficiente para o uso industrial mas, como esses dados não se torna possível a sua utilização. Em alternativa, foram contactadas entidades com responsabilidade sobre os recursos hídricos da região (Águas de Barcelos e Águas do Noroeste), no sentido de averiguar a existência de dados relativos à qualidade da água do rio Cávado num ponto de medição próximo da zona de captação da empresa. Foram disponibilizados, pelas Águas do Noroeste, dados referentes a captação da ETA de Areias de Vilar, situada a cerca de 30 km a montante da zona pretendida. Além dessa estação pertencer a outra massa de água (PT02CAV0095) <sup>[35]</sup>, verificou-se que entre essa estação e a captação da Carvema, existem diversas indústrias (com descargas para o rio). Como tal, é expetável que haja uma modificação considerável das características da água. Posto isto, considerou-se que não seria viável a utilização desses dados como referência para a água captada pela Carvema. Para contornar a falta de dados recorreu-se ao Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos (SNIRH) <sup>[37]</sup>, mas a estação existente na zona de captação, devido a problemas de manutenção e falta de verbas, foi desativada no ano de 2003 e não eram feitas medições para todos os contaminantes pretendidos. Resta, assim, como alternativa a classificação da massa de água onde se encontra a captação.

Esta classificação baseia-se na atribuição de 5 classes consoante a concentração de contaminantes, os valores de referência para as classes existentes encontram-se descritos no Anexo G. De todas as alternativas apresentadas, considerou-se que a forma mais correta de estimar as concentrações da água captada pela Carvema, seria aquela que tivesse em consideração a classificação referida. Como referido anteriormente, as captações da Carvema situam-se na massa de água designada por Cávado-WB2, com o código PT02CAV0102 (figura 9).



**Figura 15** – Classes das massas de água da bacia hidrográfica do Cávado. (adaptado SNIRH <sup>[37]</sup>)

A classificação presente na figura 15 é referente ao ano de 2012, mas como para esta zona a classificação (Classe C) se manteve durante 3 anos consecutivos assumiu-se que, em 2013, a classificação não sofreu alteração. Assim, tendo como base os valores dos limiares da classificação, é possível determinar a concentração dos poluentes na água captada.

**Tabela 13** – Valores de referência para a classificação das massas de água. (adaptado SNIRH <sup>[37]</sup>)

Parâmetros	Unidades	Classe				Média
		B (Boa)		C (Razoável)		
		Min.	Max.	Min.	Max.	
Carência bioquímica de oxigénio	kg/m³ O₂	-	0,005	-	0,008	0,0065
Carência química de oxigénio	kg/m³ O₂	-	0,02	-	0,04	0,03
Fósforo	kg/m³ P	-	0,00025	-	0,00040	0,00033
Sólidos suspensos totais	kg/m³	-	0,03	-	0,04	0,035

Pela observação dos dados presentes na tabela 13, verifica-se que para obtenção da classificação C a concentração de contaminantes na água captada é superior aos valores máximos para a categoria B e menor ou igual aos valores máximos para a categoria C. Sendo assim existem duas opções para o cálculo da pegada hídrica cinza:

- Caso sejam usadas as concentrações máximas de ambas as classes, obtém-se dois valores para a pegada hídrica cinza. Ou seja, era apresentado o valor mínimo da pegada hídrica, para o caso das concentrações da água serem ligeiramente superiores às concentrações máximas da classe B, e o valor máximo da pegada hídrica, assumindo as concentrações máximas de C. Para este cenário era apresentado um intervalo, considerando que a pegada hídrica cinza da empresa podia variar entre o valor máximo e o valor mínimo apresentado.
- Assumindo um valor médio das concentrações apresentadas na tabela 13, obtém-se uma aproximação concreta do valor da pegada hídrica, facilitando o cálculo da pegada hídrica operacional e da pegada hídrica da empresa.

No estudo realizado, a pegada hídrica foi calculada com base nos valores médios da concentração presentes na tabela 13. Considerou-se esta opção a mais viável, uma vez que não era possível apresentar

uma gama de valores baseados apenas na substância mais crítica e assim obtém-se um valor concreto da pegada hídrica cinza para servir como base de comparação e para adicionar à pegada hídrica da empresa.

Relativamente à concentração máxima, utilizaram-se os valores relativos à categoria A3 referentes à qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano dispostos no anexo I do Decreto-Lei nº 236/98, estes encontram-se descritos na seguinte tabela.

**Tabela 14** – Valor assumidos para a concentração máxima segundo o Decreto-Lei nº236/98.

Parâmetro	A3
CBO <sub>5</sub> (kg/m <sup>3</sup> O <sub>2</sub> )	0,007
CQO (kg /m <sup>3</sup> O <sub>2</sub> )	0,030

Para o parâmetro da concentração natural ( $C_{nat}$ ) dos poluentes no rio Cávado, foi consultado o Plano de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) <sup>[34]</sup>, referente à RH 2. Contudo, neste documento, não existem informações acerca deste parâmetro. Como este parâmetro se refere à concentração de poluentes sem intervenção humana na bacia hidrográfica, recorreu-se ao SNIRH mas as estações de monitorização da qualidade da água próximas da nascente encontram-se desativadas. Na impossibilidade de obter valores viáveis para os poluentes considerados, considerou-se a concentração natural igual a zero ( $C_{nat}=0$ ) para todos os poluentes. Todavia, é importante entender que esta consideração resulta numa pegada hídrica cinza subestimada, no caso da concentração de determinado poluente não ser realmente igual a zero.

Seria de referir que neste estudo de pegada hídrica da Carvema não se considerou a pegada hídrica cinza referente à poluição térmica. Como o efluente arrefece antes do tratamento na ETAR, é reduzida a pegada hídrica cinza associada à temperatura do efluente. Salienta-se, entretanto, que não existem dados relativos à temperatura, nem do efluente descarregado nem da água captada.

Na tabela seguinte, são apresentados os resultados obtidos para a pegada hídrica cinza, atento o poluente mais crítico (CQO); o resultado obtido para a CBO<sub>5</sub> pode ser consultado no Anexo H. Em relação aos restantes poluentes considerados (Azoto total, Fósforo e SST) não foram efetuados cálculos, pois não existem valores relativos a concentração máxima admitida no rio Cávado (tabela 14).

**Tabela 15** – Pegada hídrica cinza com base no poluente mais crítico.

Período	Volume Captado (m <sup>3</sup> )	Efluente Industrial (m <sup>3</sup> )	CQO (kg/m <sup>3</sup> )	PH cinza	
				m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /t
Janeiro	48 300	43 240	0,128	136 191	500
Fevereiro	46 000	41 062	0,108	101 823	427
Março	54 190	48 818	0,094	98 773	330
Abril	60 530	54 874	0,139	193 720	641
Maio	56 990	51 334	<b>0,153</b>	204 813	718
Junho	51 140	46 648	0,147	177 435	721
Julho	61 120	55 629	0,091	107 621	357
Agosto	15 900	13 392	0,082	20 705	308
Setembro	57 892	52 507	<b>0,231</b>	346 412	1 130
Outubro	65 870	60 638	0,080	95 831	265
Novembro	64 634	59 773	0,058	50 927	150
Dezembro	45 760	41 336	0,021	-16 825	-72
2013	628 326	569 251	0,111	1 534 252	472

Observando os dados presentes na tabela 15, constata-se que a pegada hídrica cinza da empresa é cerca de 27 vezes maior que a pegada hídrica azul, obtendo-se um total anual de cerca de 1 534 252 m<sup>3</sup> correspondendo a uma necessidade anual de cerca de 472 m<sup>3</sup> de água para diluição dos contaminantes gerados por cada tonelada de malha processada. Como seria de esperar, quanto mais próxima é a concentração do contaminante no efluente ao VLE legislado, maior é a pegada hídrica cinza associada. É de salientar que a pegada hídrica cinza para o mês de Dezembro é negativa, devido à concentração de contaminante no efluente ser inferior à concentração na água captada. Neste caso e tendo em conta o poluente considerado, a água descarregada para o rio tem melhor qualidade que a água que circula no rio, ainda assim a empresa está igualmente sujeita ao pagamento da taxa de descarga segundo a componente E. No anexo H, pode-se observar o cálculo efetuado para a COB<sub>5</sub>. Salienta-se que a pegada hídrica negativa, deve ser considerada apenas para efeitos de discussão de compensação em relação à pegada hídrica obtida para os restantes meses. Nos cálculos da pegada hídrica cinza total os valores negativos não são contabilizados, porque, a carga de poluentes calculada é negativa, ou seja, a pegada hídrica cinza seria zero.

O setor de tinturaria é o que tem uma maior influência na pegada hídrica cinza, uma vez que é onde se usa um maior volume de água e uma maior quantidade de produtos químicos, daí resulta um grande volume de efluente industrial, com elevadas concentrações de contaminantes. O tratamento do efluente industrial, na ETAR da empresa, reduz a carga poluente e, conseqüentemente, a pegada hídrica cinza.

Para uma perceção da influência da estimativa da concentração da CQO, na água captada, na pegada hídrica cinza obtida, estudou-se a influência deste parâmetro no resultado final. Para isso, assumiu-se que a concentração de CQO pode variar entre 0,01 e 0,08 kg/m<sup>3</sup>. Esta variação corresponde aos valores para as classes A e E, segundo a classificação do SNIRH (Anexo G). À variação da concentração da CQO assumida, correspondem pegadas hídricas de 1 936 311 e 639 852 m<sup>3</sup>, respetivamente. Ou seja, uma variação de cerca de 88 % na concentração da CQO na água captada, implica uma variação de 67 % no valor obtido para pegada hídrica cinza.

Em relação ao valor da pegada hídrica cinza obtido para a empresa, assumiu-se uma concentração de CQO de 0,03 kg/m<sup>3</sup>. Então, caso a concentração de CQO na água captada seja de 0,01 kg/m<sup>3</sup> (67 % menor que a concentração assumida) verifica-se um aumento de cerca de 21 % na pegada hídrica cinza (1 936 311 m<sup>3</sup>). Uma concentração de CQO na água captada de 0,08 kg/m<sup>3</sup> (170 % maior que concentração assumida) implica uma diminuição da pegada hídrica de 58 % (639 852 m<sup>3</sup>).

#### 4.2.2. PEGADA HÍDRICA ADICIONAL

Para o cálculo da pegada hídrica adicional, ter-se-ia em consideração, a água utilizada nos laboratórios, nas lavagens, nas instalações sanitárias, na rega dos jardins, entre outras utilizações de acordo com o descrito na tabela 1. Devido ao elevado consumo registado no setor industrial, não são contabilizados os restantes consumos (laboratórios e casas de banho), pois representam um consumo residual. No caso da Carvema, não é utilizada água proveniente da captação do rio Cávado para a rega dos jardins.

No caso dos laboratórios, considerou-se que não há uma pegada hídrica azul associada uma vez que toda a água utilizada nos ensaios é drenada, juntamente com o efluente industrial, para a ETAR. Em relação à pegada hídrica cinza é expectável que o efluente produzido nos laboratórios apresente características idênticas ao efluente industrial, uma vez que os ensaios realizados simulam o processo industrial, logo os produtos químicos utilizados são os mesmos. Na realidade, no estudo desenvolvido, não existiu a possibilidade de distinguir a pegada hídrica cinza dos laboratórios, devido à falta de dados concretos. Porém, tendo em conta o volume reduzido de água utilizado e a semelhança das características do efluente gerado, considerou-se esta componente pouco relevante, sendo que está incluída na pegada hídrica operacional diretamente associada à elaboração do produto.

O uso de água nas instalações sanitárias também não foi contabilizado, pois, tal como nos laboratórios, não tem uma pegada hídrica azul associada. O efluente produzido nas instalações sanitárias é drenado juntamente com o efluente industrial, e mesmo possuindo características diferentes do efluente industrial, o seu volume não é significativo, logo não vai alterar significativamente as características do efluente à saída da ETAR.

Também não foi caracterizado o uso de água para limpeza, porque no caso da limpeza da unidade de apoio à produção o volume utilizado não é significativo e no caso da unidade de produção a água utilizada para limpeza depende dos operadores e, na maioria das vezes, não são adicionados produtos químicos à água, sendo que grande parte é drenada através dos ralos existentes. Para este caso pode existir uma pegada hídrica azul associada, considerando que após lavagens a água que não é drenada evapora. Essas perdas não tem expressão comparativamente às perdas observadas nos processos industriais e estão incluídas nos cálculos da pegada hídrica azul anteriormente descritos.

### 4.3. PEGADA HÍDRICA DA CADEIA DE ABASTECIMENTO

A determinação da pegada hídrica da cadeia de abastecimento também inclui a pegada hídrica diretamente associada à elaboração do produto e a pegada hídrica adicional. Na pegada hídrica diretamente associada à elaboração do produto, decidiu-se, inicialmente, incluir a pegada hídrica associada aos diversos produtos químicos utilizados para o processamento da malha. Porém, devido à diversidade de produtos utilizados e à falta de dados, relativos à pegada hídrica associada à elaboração dos produtos químicos, não foi possível a obtenção de resultados. Para o cálculo da pegada hídrica adicional considerou-se o consumo de gás natural, o consumo elétrico e o consumo de gasóleo. Relativamente ao consumo de gás natural obteve-se uma pegada hídrica anual de 12 664 m<sup>3</sup> (35 %), para o consumo elétrico obteve-se uma pegada hídrica anual de 22 996 m<sup>3</sup> (64 %). A pegada hídrica associada ao consumo anual de gasóleo foi de 306 m<sup>3</sup>, que corresponde apenas a 1 % do volume anual da pegada hídrica indireta.

Para o cálculo da pegada hídrica da cadeia de abastecimento diretamente associada à elaboração do produto, poderia ter-se considerado a pegada hídrica associada à malha processada pela Carvema. No entanto, como referido no subcapítulo 3.3, a malha processada pela Carvema é fornecida pelos clientes. A pegada hídrica associada à malha depende da origem, do tipo e da quantidade de malha, fornecida pelos clientes, ou seja, a quantidade e as características da malha processada não dependem da Carvema. Por isso, neste estudo, considerou-se que a malha processada, como não é adquirida pela Carvema, não é um *input* associado à empresa.

Pela aplicação da equação 7 (subcapítulo 2.4.2), obteve-se uma pegada hídrica anual de 35 966 m<sup>3</sup> associada à cadeia de abastecimento, correspondente a um consumo indireto de aproximadamente 11 m<sup>3</sup> de água por cada tonelada de malha processada. No cálculo da pegada hídrica da cadeia de abastecimentos, não foram distinguidos os tipos de pegada hídrica (azul, verde e cinza), pois os estudos bibliográficos consultados não fazem essa distinção. Os cálculos e as considerações efetuadas encontram-se descritos seguidamente.

#### 4.3.1. DIRETAMENTE ASSOCIADA À ELABORAÇÃO DO PRODUTO

De acordo com as componentes sugeridas na tabela 2, foram recolhidos os dados relativos aos produtos químicos utilizados pela empresa. Na totalidade, existem cerca de 735 produtos que podem ser usados no processo produtivo, mas no ano de 2013 foram utilizados cerca 270 produtos da lista. Na tabela seguinte encontram-se descritos os consumos de produtos químicos por setor e por categoria.

**Tabela 16** – Consumo de produtos químicos por categoria e por setor no ano de 2013.

Período	Consumo de Produtos Químicos por categoria (kg)								Consumo por Setor (kg)		
	Diretos	Reativos	Dispersos	Acrílicos	Ácidos	Cuba	Auxiliares	Sódicos	Tinturaria	Acabamentos	Empresa
Janeiro	0,778	5 124	273	0,00	148	0,00	18 902	102 118	126 566	5 263	131 828
Fevereiro	0,057	5 619	226	0,85	129	0,00	17 493	93 465	116 933	4 859	121 793
Março	0,010	7 458	272	0,00	382	0,00	21 253	119 731	149 097	5 642	154 738
Abril	0,130	8 315	236	2,62	278	3,05	21 666	130 264	160 764	6 050	166 814
Maiο	0,438	6 412	319	3,51	359	0,00	19 959	103 843	130 897	5 823	136 720
Junho	0,049	5 878	365	0,50	249	0,00	17 175	93 118	116 786	5 194	121 980
Julho	0,224	7 503	388	30,40	263	9,12	20 773	113 063	142 029	6 344	148 374
Agosto	0,012	1 402	115	26,12	75	0,00	4 864	25 651	32 132	1 690	33 823
Setembro	1,136	6 511	286	6,42	178	2,50	20 391	106 328	133 704	4 730	138 434
Outubro	0,041	6 497	221	0,32	171	2,25	25 622	121 845	154 358	6 461	160 819
Novembro	0,269	6 341	205	0,00	278	4,32	24 666	139 066	170 560	6 509	177 069
Dezembro	0,222	4 797	143	0,00	305	0,00	17 001	103 076	125 321	4 465	129 786
2013	3,36	71 857	3 048	70,7	2 816	21,2	229 764	1 251 568	1 559 147	63 029	1 622 177

Pela análise da tabela 16, constata-se que no total foram consumidas cerca de 1 622 toneladas de produtos químicos, das quais cerca de 96 % foram utilizadas no setor de tinturaria. Por isso, é expectável que a pegada hídrica associada aos produtos consumidos no setor de tinturaria seja superior à do setor de acabamentos. No setor de acabamentos o consumo de produtos químicos ocorre, essencialmente, na râmola, e os produtos usados são diferentes dos produtos usados no setor de tinturaria.

Tendo em conta a diversidade de produtos, a sua especificidade e a falta de bases de dados relativas à pegada hídrica dos produtos, foi questionada a viabilidade da contabilização da pegada hídrica para todos os produtos. Procedeu-se então a uma tentativa de redução da lista excluindo os produtos usados em quantidades pouco significativas, contudo, ainda assim, a lista obtida era bastante extensa. Entretanto, pode referir-se que a exclusão de produtos apenas tendo como base as quantidades usadas pode apresentar uma realidade distorcida em relação à pegada hídrica, considerando a possibilidade de haver grandes variações na pegada hídrica de cada produto. Ou seja, uma menor quantidade de produto utilizada não implica que a pegada hídrica associada seja menor, comparativamente à pegada hídrica dos produtos mais utilizados.

Em alternativa, efetuou-se uma tentativa de redução da lista focando apenas os produtos utilizados nos processos mais frequentemente utilizados pela empresa. De acordo com a produção anual, a maioria dos tingimentos realizados em 2013 foram os reativos (50 %) <sup>[15]</sup>. Através da lista de programas utilizados neste tipo de tingimento, é possível obter uma lista dos produtos químicos utilizados. Após a análise dos programas de tingimento, confirmou-se que este estudo continuava a não ser viável, pois além da complexidade de contabilização dos produtos químicos, o principal problema residia na falta de informação acerca da pegada hídrica dos produtos.

Após estudadas as várias alternativas, e não se tendo conseguido encontrar uma alternativa viável, pelo que se optou por não incluir a pegada hídrica associada aos produtos químicos na análise. Futuramente, apesar de não ser contabilizada esta componente da pegada hídrica, o trabalho já desenvolvido e as considerações efetuadas podem ser usadas, regradamente, como base para um estudo futuro. Este estudo

além de ser incluído na pegada hídrica total da empresa, poderia ser usado como base de comparação entre processos realizados em várias tinturarias.

Mesmo não existindo informações acerca da pegada hídrica dos produtos utilizados há, naturalmente, um esforço por parte da Carvema, através da relação de proximidade que mantém com os seus fornecedores, para a utilização dos produtos químicos existentes no mercado com melhor relação custo-benefício. Há, assim, que ter em conta que a alteração dos produtos pode afetar não só o uso de água nos processos, como também causar alterações na qualidade do produto final. Deste modo, haverá que atentar, futuramente, que caso se pretenda substituir produtos químicos para redução da pegada hídrica indireta, deverão ser efetuados estudos paralelos para avaliar as consequências para o processo produtivo.

#### 4.3.2. PEGADA HÍDRICA ADICIONAL

Existem várias formas de energia, nomeadamente a energia cinética, a energia química, a energia elétrica ou calorífica. A energia necessita de ser convertida de forma a estar disponível para a utilização. Essa conversão é realizada com recurso a diversos processos ao longo da cadeia de fornecimento. Os utilizadores primários usam a energia diretamente de uma fonte natural, sem qualquer processo de conversão, e os utilizadores secundários usam energia derivada de processos de conversão. Alguns dos processos de conversão de energia utilizam água e têm uma pegada hídrica associada <sup>[37]</sup>. Por isso, existe uma pegada hídrica associada ao consumo de energia

A Carvema utiliza, para o seu processo produtivo, diversas formas de energias. As componentes consideradas para o cálculo da pegada hídrica adicional, da cadeia de abastecimento, foram o consumo de gás natural, o consumo de eletricidade e o consumo de gasóleo nos veículos da empresa.

O gás natural é um combustível fóssil e é frequentemente encontrado, juntamente com o petróleo, em formações com rochas porosas cobertas por outra rocha que funciona como isolante. Para a extração do gás natural, são necessários diversos processos e, previamente à sua utilização, é necessário proceder ao seu tratamento (onde geralmente é removido CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>S). Na tabela seguinte estão presentes os valores médios da pegada hídrica das diferentes etapas para obtenção do gás natural pronto a utilizar <sup>[38]</sup>.

**Tabela 17** – Pegada hídrica total das etapas para obtenção do gás natural. <sup>[38]</sup>

Descrição	m <sup>3</sup> /GJ
Processos de Extração	0,100
Processamento do Gás	0,006
Operações em Gasodutos	0,003
Total	0,109

Observando os dados presentes na tabela 17, apura-se que a pegada hídrica do gás natural deve-se sobretudo aos processos de extração, sendo consumidos cerca de 100 litros de água por cada Gigajoule (GJ) de gás extraído. Tendo em conta as unidades da pegada hídrica presentes na tabela 17, há uma necessidade de conversão dos valores relativos ao consumo da empresa, com base no poder calorífico superior do gás utilizado.

$$\text{Consumo Gás Natural (GJ)} = \frac{\text{PCs médio} \left( \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \right)}{1000} \times \text{Consumo Gás Natural (m}^3\text{)} \quad (14)$$

Pela aplicação da equação 14, os dados de consumo de gás natural fornecidos em m<sup>3</sup> foram convertidos em GJ para possibilitar o cálculo da pegada hídrica associada ao seu consumo. Na tabela seguinte encontra-se descrito o consumo de gás natural da empresa e os valores do poder calorífico do gás natural fornecido no ano de 2013 <sup>[39]</sup>.



**Tabela 18** – Conversão dos valores do consumo de gás natural para o ano de 2013.

Período	PCs médio (MJ/m³)	Consumo Gás Natural				
		Tinturaria		Acabamentos		Empresa
		m³	GJ	m³	GJ	GJ
Janeiro	42,70	136 113	5 812	104 898	4 479	10 291
Fevereiro	42,76	92 955	3 975	109 426	4 679	8 654
Março	42,80	138 272	5 918	108 262	4 634	10 552
Abril	42,80	139 646	5 977	105 093	4 498	10 475
Maio	42,82	129 898	5 562	106 103	4 543	10 106
Junho	42,83	114 488	4 904	99 892	4 278	9 182
Julho	42,81	124 506	5 330	110 031	4 710	10 041
Agosto	42,75	29 297	1 252	24 957	1 067	2 319
Setembro	42,70	119 611	5 107	110 826	4 732	9 840
Outubro	42,62	169 064	7 206	115 195	4 910	12 115
Novembro	42,56	157 687	6 711	130 909	5 571	12 283
Dezembro	42,50	116 474	4 950	101 608	4 318	9 268
2013	-	1 468 011	62 704	1 227 200	52 421	115 125

Com base nos valores do consumo presentes na tabela 18 e o valor da pegada hídrica do gás natural (tabela 17), é possível calcular a pegada hídrica associada ao consumo de gás natural na Carvema.

**Tabela 19** – Pegada hídrica associada ao consumo de gás natural na Carvema em 2013.

Período	PH Gás Natural (m³)			PH (m³/t)
	Tinturaria	Acabamentos	Total	
Janeiro	639	493	1 132	4,2
Fevereiro	437	515	952	4,0
Março	651	510	1 161	3,9
Abril	657	495	1 152	3,8
Maio	612	500	1 112	3,9
Junho	539	471	1 010	4,1
Julho	586	518	1 104	3,7
Agosto	138	117	255	3,8
Setembro	562	521	1 082	3,5
Outubro	793	540	1 333	3,7
Novembro	738	613	1 351	4,0
Dezembro	545	475	1 020	4,3
2013	6 897	5 766	12 664	3,9

Observando a tabela 19, verifica-se uma pegada hídrica indireta anual na ordem dos 12 664 m³ à qual corresponde um consumo indireto de 3,9 m³ de água por tonelada de malha. O volume obtido é cerca de 5 vezes menor do que a pegada hídrica azul operacional e cerca de 121 vezes menor do que a pegada hídrica cinza operacional. Ao longo do ano não existem variações significativas na pegada hídrica, uma vez que tendo em conta a produção o consumo indireto de água oscila entre 3,5 e 4,3 m³ por cada tonelada de malha processada.

Em comparação entre os setores apresentados, constata-se que a secção de tinturaria apresenta uma maior pegada hídrica (54 %), como consequência de um maior consumo de gás natural registado. Apenas no mês de Fevereiro a pegada hídrica da secção de acabamentos é superior. É de salientar que, como referido anteriormente no subcapítulo 3.3, o consumo de gás natural no setor de tinturaria, deve-se à necessidade de produção de água quente e de vapor para utilização nas partidas efetuadas. No setor de acabamentos o gás natural é usado nas râmolas e na secadeira.

O consumo de gás natural apresentado na tabela 18, apesar de estar discriminado apenas para o setor de tinturaria e para o setor de acabamentos, incluí os consumos de gás natural nos restantes edifícios da empresa. Estes consumos não foram detalhadas, uma vez que não são contabilizados pela empresa, devido a representarem uma percentagem residual. Por isso, foram distribuídos de forma equivalente pelos setores referenciados (tinturaria e acabamentos).

Como já referido (subcapítulo 3.3), a empresa possui um sistema que aproveita o calor do efluente gerado para elevar a temperatura da água captada. Assim, a quantidade de gás utilizado será menor e, consequentemente, menor será pegada hídrica associada. Além disso, a temperatura da água quente no sistema foi fixada com vista a uma utilização mais eficiente do vapor de água, diminuindo assim o consumo de gás natural.

Para a contabilização da pegada hídrica associada ao consumo de energia elétrica, à semelhança do consumo de gás natural, considerou-se apenas os setores mais representativos da empresa (tinturaria e acabamentos), como se pode ver na seguinte tabela.

**Tabela 20** – Consumo de eletricidade na Carvema no ano de 2013.

Período	Consumo eletricidade (MWh)		
	Tinturaria	Acabamentos	Empresa
Janeiro	173	144	316
Fevereiro	154	118	272
Março	190	145	335
Abril	196	144	340
Maio	176	146	321
Junho	147	137	284
Julho	181	157	338
Agosto	39	32	71
Setembro	178	152	329
Outubro	214	168	382
Novembro	212	173	385
Dezembro	164	135	300
2013	2 023	1 650	3 673

Os consumos apresentados são referentes a toda a empresa e ao consumo dos equipamentos utilizados na ETAR. Como comparativamente ao setor de tinturaria e ao setor de acabamentos os restantes consumos são muito pouco significativos, efetuou-se uma distribuição equitativa desses consumos por ambos os setores. Para o cálculo da pegada hídrica associada ao consumo elétrico, resumido na tabela 20, são necessários dados acerca da pegada hídrica associada à produção de energia elétrica.

Não foram encontrados dados acerca da pegada hídrica da eletricidade utilizada a nível nacional. De forma a contornar a falta de dados, foi estimada a pegada hídrica da eletricidade, com base na sua origem (tabela 22) e na pegada hídrica das tecnologias de produção (tabela 21).

**Tabela 21** – Pegada hídrica média associada às tecnologias de produção de eletricidade <sup>[40][41]</sup>.

Tecnologia de produção (n)		Pegada Hídrica (m <sup>3</sup> /MWh)
Carvão IGCC		0,76
Eólica		0,00
Solar Fotovoltaica		0,00
Solar Térmica		3,16
Hídrica		17,1
Hídrica		0,00
Geotérmica		5,31
Termoelétrica	Gás Natural	0,68
	Petróleo	1,48
	Carvão	1,48
	Nuclear	2,12
Outras Renováveis		2,82

A cada tecnologia apresentada na tabela 21, podem estar associados diferentes sistemas, com desempenhos distintos relativamente ao consumo de água. Por isso, na tabela 21 são apresentados os valores médios da pegada hídrica associado cada tecnologia. Para a energia hídrica, são apresentados dois valores para a pegada hídrica, devido, a alguns autores, não considerarem a evaporação nas albufeiras. Para o estudo realizado assumiu-se o maior valor apresentado (17,1 m<sup>3</sup>/MWh) <sup>[40][41]</sup>. Sabendo que a energia elétrica da Carvema é fornecida por uma empresa do grupo Galp, obtiveram-se os seguintes dados acerca da origem da energia fornecida pela referida empresa <sup>[42]</sup>.

**Tabela 22** – Origem da energia elétrica da Galp no ano de 2013 <sup>[42]</sup>.

Tecnologia de Produção	%	%(corrigida)
Hídrica	30,1	31,9
Eólica	11,4	12,1
Outras Renováveis	1,60	1,70
Cogeração Renovável	2,10	-
RSU	0,50	-
Gás Natural	9,40	10,6
Carvão	31,0	34,9
Nuclear	7,50	8,44
Fuelóleo	0,20	0,22
Cogeração Fóssil	6,00	-

Atentando na origem da energia fornecida por aquela empresa (tabela 22), constatou-se que para algumas das tecnologias utilizadas não foram encontrados dados acerca da correspondente pegada hídrica. Perante a inexistência de dados, relativos à tecnologia de cogeração renovável e à energia obtida a partir dos RSU, as correspondentes percentagens, foram distribuídas pelas restantes energias renováveis, consoante a sua representatividade percentual, e a percentagem correspondente à tecnologia de cogeração fóssil foi distribuída, segundo o mesmo critério, pelas restantes energias não renováveis. Assim, a pegada hídrica associada à produção de energia elétrica foi estimada com base na percentagem obtida após as correções efetuadas (% corrigida). A pegada hídrica do parâmetro “outras renováveis” presente nas tabelas 21 e 22, foi estimada com base na média das pegadas hídricas da energia geotérmica, solar fotovoltaica e solar termoelétrica apresentadas na tabela 22. Estas energias foram incluídas neste parâmetro, uma vez que são tecnologias usadas para a produção elétrica mas não são discriminadas pela Galp. No entanto, podiam

ser incluídas outras tecnologias de produção elétrica com base em energias renováveis, mas tendo em conta que representam apenas 2 % da energia produzida, não se verificaria uma alteração significativa no resultado final.

Para a estimativa da pegada hídrica da energia elétrica foi utilizada a seguinte equação:

$$PH_{\text{energia elétrica}} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{MWh}} \right) = \sum_n (\% \text{ corrigida}_n \times PH_n) \quad (15)$$

Com base nos dados apresentados nas tabelas 21 e 22 e pela aplicação da equação 15, onde n representa as tecnologias de produção de energia elétrica, obteve-se uma pegada hídrica na ordem dos 6,26 m<sup>3</sup>/MWh para a energia elétrica fornecida pela Galp. O valor obtido deve-se sobretudo ao facto de cerca de 1/3 da energia elétrica ser gerada através da energia hídrica e ser esta a que ostenta uma maior pegada hídrica. Atendendo aos consumos da Carvema no ano de 2013 (tabela 20), é possível calcular a pegada hídrica associada ao consumo elétrico.

**Tabela 23** – Pegada hídrica associada ao consumo elétrico para o ano de 2013.

Período	PH Energia elétrica (m <sup>3</sup> )			PH (m <sup>3</sup> /t)
	Tinturaria	Acabamentos	Empresa	
Janeiro	1 082	900	1 982	7,3
Fevereiro	965	738	1 703	7,1
Março	1 188	910	2 098	7,0
Abril	1 226	900	2 126	7,0
Maio	1 099	912	2 011	7,1
Junho	919	857	1 776	7,2
Julho	1 132	985	2 117	7,0
Agosto	244	199	443	6,6
Setembro	1 113	949	2 061	6,7
Outubro	1 342	1 049	2 391	6,6
Novembro	1 328	1 083	2 411	7,1
Dezembro	1 030	848	1 878	8,0
2013	12 665	10 331	22 996	7,1

Pela análise da tabela 23, apura-se que a pegada hídrica associada ao consumo elétrico foi de 22 996 m<sup>3</sup> correspondendo a um uso indireto de 7,1 m<sup>3</sup> de água por cada tonelada de malha processada. Durante o ano não se verificam variações mensais consideráveis no volume de água consumido por unidade de malha produzido, destacando-se o mês de dezembro que apresenta o valor mais elevado (8,0 m<sup>3</sup>/t). Comparando os setores apresentados, vê-se que a pegada hídrica do setor de tinturaria (55 %), como consequência de um maior consumo elétrico, é superior à pegada hídrica associada ao setor de acabamentos (45 %).

Na estimativa da pegada hídrica, associada à energia elétrica fornecida pela Galp, caso fosse assumida a pegada hídrica correspondente à energia hídrica igual a zero, verificar-se-ia uma diminuição de 87 % na pegada hídrica da energia elétrica (0,82 m<sup>3</sup>/MWh). Esta diminuição, verificada para a pegada hídrica da energia elétrica fornecida, implica uma diminuição de 85 % na pegada hídrica associada ao consumo de energia elétrica (1 871 m<sup>3</sup>).

Relativamente às pegadas hídricas acima descritas, verifica-se que o consumo elétrico implica uma pegada hídrica cerca de 2 vezes superior à pegada hídrica associada ao consumo de gás Natural, mas é cerca de

2,5 vezes menor que a pegada hídrica azul operacional e cerca de 59 vezes menor que a pegada hídrica cinza operacional.

Ao longo do ano de 2013 os veículos da empresa consumiram um total de aproximadamente 8 000 litros de gasóleo. Não tendo sido encontrados dados acerca da pegada hídrica associada à produção de gasóleo, e como forma de aproximação ao valor da pegada hídrica associada ao consumo de gasóleo, foi usado como referencia o valor médio da pegada hídrica associada a obtenção de petróleo bruto. À semelhança do cálculo realizado para o gás natural, para o caso do gasóleo os valores de consumo foram convertidos para Gigajoule através do valor de referência para o poder calorífico inferior (PCi) <sup>[43]</sup>.

**Tabela 24** – Dados relativos à pegada hídrica associada ao consumo de gasóleo.

PCi (MJ/l)		36
Consumo	I	8 006
	GJ	288
PH (m <sup>3</sup> /GJ) <sup>[38]</sup>		1,06
PH (m <sup>3</sup> )		306

Pela observação da tabela 24, verifica-se que a pegada hídrica associada ao consumo de gasóleo é de 306 m<sup>3</sup>, sendo que este valor não é significativo comparativamente às restantes pegadas hídricas calculadas. Contudo, deverá salientar-se que o valor obtido está subestimado, pois como o gasóleo é um derivado do petróleo é expetável que os processos de refinaria contribuam para o aumento da correspondente pegada hídrica.

Nas determinações efetuadas anteriormente (subcapítulo 4.3) não foi possível distinguir os tipos de pegada hídrica (azul, verde e cinza), pois os estudos bibliográficos consultados não fornecem informação nesse sentido, apresentando apenas a pegada hídrica total para os vários processos.

#### 4.4. PEGADA HÍDRICA TOTAL E OPÇÕES DE MELHORIA

Após todas as considerações descritas anteriormente determinou-se a pegada hídrica da empresa, pela aplicação da equação 5. Assim, obteve-se um total de 401 891 m<sup>3</sup> que corresponde a cerca de 124 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha processada. Numa análise global, constata-se que a pegada hídrica cinza corresponde ao maior volume obtido, cerca de 94 % do valor total, seguindo-se a pegada hídrica azul que corresponde a aproximadamente 4 % do valor total. Posto isto, conclui-se que a pegada hídrica operacional corresponde a 98 % do volume total obtido e a componente indireta apenas a 2 % do total.

A comparação com os dados do escoamento total da bacia hidrográfica do Cávado (tabela 4), é viável apenas se forem considerados os efeitos cumulativos de todas as atividades realizadas na bacia hidrográfica <sup>[9]</sup>. Para avaliar a sustentabilidade ambiental da pegada hídrica operacional da empresa, na sua zona de atividade, compararam-se os resultados obtidos com o escoamento anual verificado na massa de água onde é captada a água utilizada pela Carvema (subcapítulo 3.1.2). Para isso, recorreu-se ao SNIRH de forma a obter os dados pretendidos. Foram adquiridos, dados relativos ao escoamento mensal medido numa estação, designada por Barcelos (04F/02H) <sup>[37]</sup>, situada na mesma massa de água. Os valores foram recolhidos mensalmente de 1980 a 1982, em 1987 e 1989 (Anexo I), os restantes anos (1979, 1983, 1984, 1985, 1986, 1988, 1990) não foram considerados, devido à falta de medições para alguns meses. Na estação em questão, apenas foram realizadas medições do escoamento mensal até ao ano de 1990. Através dos dados recolhidos, foi possível determinar um escoamento anual médio de 1 682 hm<sup>3</sup> (Anexo I), na massa de água correspondente. Comparando a pegada hídrica operacional da Carvema

(1,593 hm<sup>3</sup>) com o escoamento anual médio, na massa de água correspondente, verifica-se que a pegada hídrica operacional representa apenas 0,09 % do escoamento anual.

É de salientar, que para uma comparação rigorosa, deveria ser considerada um escoamento médio anual com base em dados registados ao longo de cerca de 25 anos. Deveriam também ser considerados os efeitos cumulativos de todas as atividades realizadas ao longo da massa de água onde se localiza a captação da Carvema (subcapítulo 3.1.2). Devido à falta de dados, não foi possível realizar a comparação com o rigor pretendido.

De forma a comparar a pegada hídrica da Carvema com outras empresas do setor, foram procurados estudos similares em empresas do setor. Encontrou-se um estudo, onde é calculada a pegada hídrica operacional de uma indústria têxtil <sup>[45]</sup> designada por X. Os processos utilizados, para a caracterização da pegada hídrica operacional da empresa X, são idênticos aos realizados na Carvema.

**Tabela 25** – Comparação da pegada hídrica da Carvema.

PH Operacional	Carvema		X	
	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /t	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /t
Total	1 593 327	490	1 266 269	796
Azul	58 075	18	161 570	102
Cinza	1 534 252	472	1 104 699	695

Como se pode observar na tabela 25, para o estudo referido, obteve-se uma pegada hídrica operacional de 1 266 269 m<sup>3</sup>/ano. Esta engloba a componente azul operacional, com um total de 161 570 m<sup>3</sup>/ano, e a pegada hídrica cinza, com um total de 1 104 699 m<sup>3</sup>/ano. Para que a comparação seja viável, é necessário ter em conta a produção total. Comparando com os resultados obtidos, para a Carvema, verifica-se que a pegada hídrica operacional total é cerca de 1,6 vezes menor, em relação ao estudo referido. A pegada hídrica azul operacional da Carvema (tabela 11) é cerca de 6 vezes menor, e a pegada hídrica operacional cinza (tabela 15) é cerca de 1,5 vezes menor.

Pela análise comparativa de ambas as empresas, conclui-se que a Carvema apresenta um melhor desempenho, em relação à componente operacional e aos tipos de pegada hídrica (azul, verde e cinza). No entanto, é necessário ter em conta que, uma menor pegada hídrica cinza, não significa melhor qualidade do efluente, pois o valor obtido depende dos padrões de qualidade da região.

Com base nos valores obtidos, pode-se afirmar que, caso sejam estudadas opções de melhoria da pegada hídrica da empresa, as melhorias deveriam incidir, prioritariamente, no sentido da redução da pegada hídrica operacional (sobretudo na redução da pegada hídrica cinza). Para a sua redução devem ser efetuados investimentos ao nível do tratamento na ETAR, com vista a uma maior redução da carga poluente dos efluentes. Ao nível da produção, já existem esforços, por parte da empresa, para utilização dos produtos com a melhor relação custo-benefício, que permitem a redução dos impactos e dos custos associados ao processo produtivo. No caso de se estudar a redução da pegada hídrica azul, os investimentos devem ser feitos no sentido da redução das emissões de vapor de água nos processos térmicos onde é retirada água à malha, ou pela inclusão de processos mecânicos mais eficazes ou pelo reaproveitamento do vapor de água emitido. A planificação da produção da empresa é elaborada tendo em conta a adequação do equipamento para a realização dos processos pretendidos, estas considerações contribuem para o aumento da eficácia dos processos.

Pode também ser estudada uma forma de aproveitamento das águas pluviais, de forma a reduzir a pegada hídrica total, uma vez que esta opção pode implicar a contabilização da pegada hídrica verde.

Além dos processos já existentes, que permitem a redução da pegada hídrica indireta, podem ser realizados estudos para otimização dos processos e para a utilização de equipamentos com maior rendimento. Todavia, a criação de bases de dados mais completas, que possibilitem a contabilização da

pegada hídrica associada aos produtos químicos utilizados, pode implicar que a pegada hídrica indireta adquira uma maior relevância e por isso a prioridade seja a sua redução.





## 5. CONCLUSÕES

### 5.1. ANÁLISE GLOBAL

A empresa está localizada numa região onde a indústria têxtil é a principal atividade económica, facilitando a cooperação entre indústrias e reduzindo os gastos no transporte das encomendas (entre outras vantagens). Esta região é também caracterizada pela abundância de água, no entanto, devido ao elevado número de indústrias existentes, é importante uma monitorização constante, para controlar o cumprimento dos parâmetros ambientais.

A pegada hídrica operacional da empresa, no período de tempo em estudo (ano de 2013), foi de 1 593 327 m<sup>3</sup> (correspondendo a cerca de 490 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha processada). O valor da pegada hídrica operacional foi obtido, considerando os valores da pegada hídrica azul, verde e cinza. Porém, uma vez que a empresa não utiliza diretamente água precipitada para as suas atividades, o valor da pegada hídrica verde foi nulo. Considerou-se ainda que a pegada hídrica adicional não era significativa em relação à pegada hídrica diretamente associada à elaboração do produto.

A pegada hídrica azul da empresa, obtida pela diferença entre a água captada e o efluente industrial descarregado, tem o valor de 59 075 m<sup>3</sup>, o que corresponde a cerca de 18 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha processada. Esta componente representa aproximadamente 4 % da pegada hídrica operacional, e permite concluir que cerca de 10 % do volume captado não retornou ao rio Cávado, no ano de 2013. O setor de acabamentos é aquele que tem o maior contributo para a pegada hídrica azul, visto que é o setor onde se retira água da malha. Isto origina a emissão de vapor de água. Não foi encontrada uma relação direta das perdas por evaporação (pegada hídrica azul), com a produção total e a água captada. Como o volume de efluente industrial é medido após o tratamento na ETAR, a componente azul calculada inclui também a pegada hídrica associada à evaporação nos tanques da ETAR. A pegada hídrica cinza tem um maior contributo para a pegada hídrica operacional da empresa, cerca de 96 %, com um volume anual de 1 534 252 m<sup>3</sup>, ou seja são necessários 472 m<sup>3</sup> de água para diluir os contaminantes gerados por cada tonelada de malha processada. A pegada hídrica cinza, é o parâmetro que apresenta uma maior variação mensal em termos de pegada hídrica por unidade de malha processada. Convém salientar que, que o setor de tinturaria terá sido o setor que mais contribuiu para o valor da pegada hídrica cinza. Isto porque é o setor onde se utilizam maiores quantidades de produtos químicos (96 % da quantidade total), bem como, maiores volumes de água.

Na contabilização da pegada hídrica da cadeia de abastecimento, considerou-se adequado considerar a pegada hídrica associada aos produtos químicos, ao gás natural, à eletricidade e ao gasóleo consumido pelos veículos da empresa. Somando os valores correspondentes obteve-se uma pegada hídrica anual de 35 966 m<sup>3</sup>, que representa um consumo indireto de cerca de 11 m<sup>3</sup> de água por cada tonelada de malha processada. Em relação ao consumo gás natural, conclui-se que a pegada hídrica foi de 3,9 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha, que representa um consumo indireto de água de 12 664 m<sup>3</sup> e corresponde a cerca de 35 % da pegada hídrica da cadeia de abastecimento. O consumo elétrico equivale a um consumo anual indireto de cerca de 22 996 m<sup>3</sup> de água, que corresponde a aproximadamente 7,1 m<sup>3</sup> de água por cada tonelada de malha processada e a cerca de 64 % da pegada hídrica da cadeia de abastecimento. A pegada hídrica associada ao consumo de gasóleo não é significativa, em comparação com as restantes, pois, obteve-se um volume total de apenas 306 m<sup>3</sup> que corresponde a um consumo indireto de cerca de 0,09 m<sup>3</sup> de água por cada tonelada de malha processada.

**Tabela 26** – Principais resultados da análise da pegada hídrica da Carvema para o ano de 2013.

PH Operacional	PH Azul (m³)		59 075	3,6%
	PH cinza (m³)		1 534 252	94,2%
	PH Adicional		0	0%
	Total	m³	1 593 327	97,8%
		m³/t	490	-
PH Indireta	PH produtos		0	0%
	Adicional	PH Gás Natural	12 664	0,8%
		PH Eletricidade	22 996	1,4%
		PH Gasóleo	306	0,02%
	Total	m³	35 966	2,2%
		m³/t	11	-
PH empresa (m³)			1 629 293	-
PH empresa (m³/t)			501	-

Na tabela 26 estão presentes os principais resultados obtidos no estudo efetuado, e a representatividade de cada componente em relação à pegada hídrica total da empresa. A pegada hídrica total da empresa corresponde ao somatório da pegada hídrica operacional e da pegada hídrica da cadeia de abastecimento, logo o valor obtido foi de 1 629 293 m<sup>3</sup> que corresponde a uma necessidade de 501 m<sup>3</sup> por cada tonelada de malha processada. Em suma, pode-se afirmar que a pegada hídrica operacional tem o maior contributo para a pegada hídrica da empresa (98 %), sendo que é a pegada hídrica cinza a que representa uma maior percentagem (94 %). Assim, caso sejam tomadas medidas para a redução da pegada hídrica total, deve-se optar pela redução da pegada hídrica cinza, nomeadamente pela diminuição da concentração de contaminantes no efluente industrial. Apesar da pegada hídrica indireta corresponde apenas a 2 % da pegada hídrica da empresa, espera-se que a sua representatividade aumente caso fosse possível obter informações sobre a pegada hídrica dos produtos químicos utilizados.

Através da análise global deste estudo pode concluir-se que, a falta de dados de referência para o cálculo da pegada hídrica é uma das principais limitações ao uso desta ferramenta, limitando o rigor do estudo a realizar. No caso em estudo, contudo, foram procuradas diferentes formas para a obtenção dos parâmetros necessários, o que tornou possível a análise de diversos aspetos relacionados com o estudo da pegada hídrica da Carvema.

Será de referir que o mês de Agosto, não foi utilizado como referência para efetuar a comparação de valores. Na realidade, constituiu um período de tempo, no qual a produção da empresa não é característica, devido a uma diminuição da atividade existente (a empresa encerra durante esse período). Além disso, neste período são efetuadas operações de lavagem e manutenção, que influenciam o desempenho da empresa em relação a eficiência registada.

Em relação à aplicabilidade deste estudo em empresas deste setor, constatou-se que a avaliação da pegada hídrica pode funcionar como fator de distinção e confiança, permitindo que as empresas adquiram uma nova perspetiva, no que diz respeito, aos impactos causados pelos seus processos.

Será de referir que, na atualidade, durante o processo de determinação da pegada hídrica da empresa, serão porventura encontrados muitos problemas relativos aos dados disponíveis. Tal dificultará a aplicação da metodologia proposta, e consequentemente, a comparação de estudos, onde tenham sido efetuadas diferentes considerações e se tenham assumido diferentes parâmetros.

Com este estudo verificou-se que a água é fundamental para o processo produtivo da empresa, pois sempre que é necessário adicionar produtos químicos à malha é usada água. O consumo de água está relacionado com as relações de banho utilizadas e com as características mecânicas dos equipamentos. Registam-se também variações no consumo, conforme o tipo de tingimento e a intensidade da cor pretendia. Não foram estudadas medidas para redução da pegada hídrica com base na alteração de processos de tingimento e acabamentos, visto que a alteração de processos pode resultar em quebras de qualidade do produto final. Salienta-se, entretanto, que a empresa em estudo, acompanha a evolução de equipamentos e investe naqueles que são mais eficientes.

Em suma, a pegada hídrica é uma ferramenta útil para avaliação dos impactos causados, uma vez que analisa uma ampla variedade de aspetos e distingue diferentes tipos de água (azul, verde e cinza). A metodologia de cálculo requer, ainda, algum desenvolvimento, tendo em conta que surgem sempre novas dúvidas na adaptação e aplicação da metodologia a um caso de estudo. Depois de contabilizada a pegada hídrica, a falta de padrões ambientais dificulta uma análise comparativa do desempenho existente em cada empresa. Hoje em dia ainda é dada pouca importância ao estudo da pegada hídrica da cadeia de abastecimentos, mas no geral estão associados maiores riscos para os recursos hídricos, em comparação com a pegada hídrica operacional. O estudo da pegada hídrica da cadeia de abastecimento torna-se complicado não só pela inadequação dos dados existentes mas também pela diversidade de fornecedores que uma empresa pode ter.

## 5.2. ANÁLISE DOS OBJETIVOS REALIZADOS

Para atingir o objetivo principal, a empresa forneceu os dados necessários para o cálculo da pegada hídrica. O maior problema encontrado foi a falta de bases de dados fiáveis para certos parâmetros exigidos para o cálculo da pegada hídrica. Relativamente aos produtos químicos, além da falta de bases de dados, o estudo foi dificultado pela utilização dos nomes comerciais para os identificar. Também não foi possível aquisição de dados relativos à qualidade da água do rio Cávado, uma vez que nem os sistemas de monitorização, nem a empresa possui dados relativos à qualidade da água na zona de captação. Esta falta de dados levou a que o objetivo principal não fosse atingido com o rigor pretendido, no entanto foram elaborada certas estimativas, que se julga terem permitido aproximar o valor da pegada hídrica calculado para a empresa à realidade. Neste momento, o cálculo da pegada hídrica operacional apresenta uma maior importância, pois é onde a empresa tem influência direta e onde pode investir em melhorias. No caso da pegada hídrica da cadeia de abastecimento, a empresa ainda não pode fazer grandes esforços na sua redução, devido à falta de dados. Como avaliação da pegada hídrica ainda não adquiriu a devida importância no setor industrial, será mais difícil consciencializar os fornecedores para contabilização e redução da pegada hídrica dos seus produtos.

No trabalho realizado não foi possível calcular a pegada hídrica associada aos produtos químicos. Porém a empresa encontra-se consciencializada para a utilização de produtos, com melhor relação custo-benefício, para diminuir o impacto causado devido à elevada quantidade de produtos utilizada. Todavia, para a redução da pegada hídrica associada aos produtos químicos, serão necessários estudos paralelos, para avaliar o impacto da alteração dos produtos no consumo direto de água, e na qualidade do produto final.

Apesar de todas as dificuldades encontradas na aquisição de dados, foi possível verificar quais os setores com maior influência na pegada hídrica da empresa. Este estudo permitiu também a compreensão do papel da água para os vários setores da empresa e para o setor têxtil no geral. A realização do trabalho forneceu, não só, uma visão geral acerca da influência do setor têxtil e do vestuário na economia nacional (especificamente da região Norte), mas também, um entendimento da disponibilidade e interação dos recursos hídricos na região Norte.

Ao longo do trabalho desenvolvido foi possível identificar: 1) os principais problemas relacionados com a avaliação da pegada hídrica, 2) algumas melhorias e 3) avaliar a viabilidade da aplicação deste indicador em empresas do setor de tinturaria e do setor de acabamentos.

### 5.3. LIMITAÇÕES E TRABALHO FUTURO

O Manual de Avaliação da Pegada Hídrica<sup>[9]</sup> alerta para a dificuldade em obter a informação necessária para diversos parâmetros. Este facto foi comprovado ao longo do trabalho, uma vez que existem poucas bases de dados de referência, para auxiliar a contabilização da pegada hídrica de uma empresa. Caso estas existam, a maioria das bases de dados tem informação sobre os consumos de água, e, em algumas situações, informação acerca do uso consuntivo. Esta situação constituiu a maior limitação encontrada ao estudo realizado. As bases de dados mais completas, referem-se à pegada hídrica de produtos agrícolas<sup>[14]</sup>. Devido à falta de dados verificada estimaram-se alguns parâmetros, com base em diversos trabalhos já realizados, como forma de contornar este problema e fazer uma análise mais completa da pegada hídrica da empresa. Na estimativa desses parâmetros não foi possível distinguir os tipos de pegada hídrica (azul, verde e cinza), pois os estudos consultados apenas apresentavam o valor final e não apresentam a distinção dos tipos de pegada hídrica.

Apesar de se considerar que a avaliação da pegada hídrica é um fator importante, a falta de bases de dados fiáveis pode levar à descridibilização desta ferramenta. No futuro, será importante a criação de legislação ambiental que implique a determinação da pegada hídrica e que isso seja usado como fator de distinção no mercado. Esta medida permitirá a criação de novas bases de dados e possibilita o investimento coletivo na determinação de certos parâmetros que hoje em dia são de difícil acesso. Enquanto não forem criadas bases de dados sólidas, o estudo da pegada hídrica em determinadas regiões, não poderá ter a consistência necessária, para que lhe seja atribuída a devida importância. Até serem criadas bases de dados para comparação de desempenho ambiental, o estudo da pegada hídrica apenas será utilizado em empresas que queiram adquirir uma nova perspetiva dos impactos, dos seus processos, nos recursos hídricos. Por isso, é também importante a criação de padrões de comparação, para as empresas avaliarem, com maior facilidade, o seu desempenho com base nos resultados obtidos.

No futuro, prevê-se melhorias em relação ao conceito de pegada hídrica e às metodologias de aplicação, pois está em desenvolvimento uma norma (ISO 14046) que apresentará uma visão mais consistente deste conceito. De acordo com esta norma, a avaliação da pegada hídrica depende de uma avaliação do ciclo de vida, mas a pegada hídrica das diferentes fases pode ser agregada num único valor. Vai permitir também identificar os potenciais impactos ambientais relacionados com a água, a quantidade de água utilizada e as alterações na sua qualidade. A avaliação da pegada hídrica segundo esta norma vai incluir dimensões geográficas e temporais relevantes e o conhecimento hidrológico existente<sup>[44]</sup>.

A Carvema estará numa posição de destaque (comparativamente a outras empresas), caso, eventualmente, seja criada legislação que estabeleça normas rigorosas para o cálculo da pegada hídrica. Isto é, com base no valor da pegada hídrica obtida, poderá elaborar, com maior facilidade, medidas para aumentar o uso eficiente da água e, conseqüentemente, diminuir os impactos causados. No futuro, para completar o estudo realizado será benéfico para a empresa avaliar a sua eficiência em relação a parâmetros como o consumo energético, as emissões geradas e em relação aos resíduos gerados.

### 5.4. APRECIÇÃO FINAL

As metodologias presentes no MAPH são relativamente simples de aplicar, por isso numa abordagem inicial, a avaliação da pegada hídrica da empresa parecia bastante simples. Porém, face à falta de dados verificada, a avaliação da pegada hídrica tornou-se num estudo relativamente complexo. Para contornar este problema foram contactadas algumas entidades e realizadas diversas pesquisas de forma a obter

dados relativamente fiáveis. Atualmente as bases de dados, relativas a parâmetros necessários para avaliação da pegada hídrica em empresas, são bastante reduzidas. Para este estudo foram consultados documentos de diversas áreas para fundamentar as considerações efetuadas. Foram consultados PGRH, legislação relativa aos recursos hídricos, estudos elaborados pela WFN, entre outros. A dificuldade de obtenção dos parâmetros necessários levou a que, em alguns dos mesmo, o estudo não pudesse ser realizado com o grau rigor inicialmente pretendido. A falta de dados pode, na realidade, influenciar as empresas na consideração da avaliação da pegada hídrica nas suas políticas internas.

Na descrição do trabalho realizado, tentou-se clarificar as considerações realizadas para obtenção de alguns parâmetros, para o caso da empresa comparar o seu desempenho, em relação a outras empresas do mesmo setor, com base nos valores obtidos. Apesar da não contabilização de alguns parâmetros, o presente trabalho pode funcionar como base para facilitar avaliações futuras. O contacto com a empresa permitiu uma melhor perceção dos processos realizados no setor de tinturaria e acabamentos, mas estes não foram estudados em detalhe, uma vez que não trazia vantagens para o cálculo da pegada hídrica. Este trabalho, além de fornecer uma visão diferente da interação dos seus processos com os recursos hídricos, alerta para a importância do estudo da sua pegada hídrica.

Pensa-se que no futuro, será pertinente a inclusão da avaliação da pegada hídrica nas políticas ambientais das indústrias. Mas é essencial, clarificar as metodologias descritas e a criação de bases de dados sólidas. Os consumidores podem ter um papel importante para influenciar as empresas a avaliar a sua pegada hídrica, uma vez que estes podem exigir o conhecimento das políticas ambientais da empresa e usar isso como fator de decisão. A publicação da norma ISO 14046 pode aumentar a visibilidade desta ferramenta a nível mundial.



## REFERÊNCIAS

- 1 – UN-Water. World Water Day 2007 – Coping With Water Scarcity. 22 Março, 2007.
- 2- WHITE, C., et al. – “Energizing the drops: Towards a holistic approach to carbon & water footprint assessment”.
- 3 – GALLI, A., et al. (2011) – “Integrating Ecological, Carbon and Water Footprint: Defining the “Footprint Family” and its Application in Tracking Human Pressure on the Planet”. OPEN:EU.
- 4 - CAVALCANTE, L. M.; MACHADO, L. C. and LIMA, A. M. (2013) – “Avaliação do desempenho ambiental e racionalização do consumo de água no segmento industrial de produção de bebidas”. “Ambiente & Água: An interdisciplinary Journal of Applied Science”. Taubaté. ISSN 1980-993X. vol.8, nº3, p. 192-202.
- 5 – HOEKSTRA, A. Y., et al. (2012) – “Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability”. PLoS ONE 7(2): e32688. doi:10.1371/journal.pone.0032688
- 6 - HOEKSTRA, A.Y. (ed.) (2003) – “Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade”, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- 7 - CHAPAGAIN, A.K. and HOEKSTRA, A.Y. (2004) – “Water Footprints of nations”. Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands
- 8- HOEKSTRA, A.Y., et al. (2009) – “Water Footprint manual: State of the art 2009”. Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands.
- 9 – HOEKSTRA, A. Y., et al. (2011) – “Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global”. Water Footprint Network.
- 10 – MEKONNEN, M.M. and HOEKSTRA, A.Y. (2011) – “National water footprint accounts: the green, blue and grey water footprint of production and consumption”. Value of Water Research Report Series No. 50, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- 11 – WWF-World Wide Fund For Nature. “Pegada Hídrica em Portugal: Uma análise da pegada de consumo externa”. Setembro, 2011.
- 12 - Portal da Água. [Consult. 02 Abril.2014]. Disponível na internet: URL:<http://portaldaagua.inag.pt/PT/InfoUtilizador/UsoEficiente/Pages/ConsumoPortugal.aspx>
- 13 – Agência Portuguesa do Ambiente: Programa Nacional para o Uso Eficiente de Água. Junho, 2012.
- 14 – Water Footprint Network. [Consult. 04 Abril.2014]. Disponível na internet: URL:<http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>
- 15 – Descrição do Processo Produtivo. Direção Industrial, Carvema Têxtil, Lda.
- 16 – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. “Pegada hídrica e a governança do uso da água no setor industrial”. Maio, 2012.
- 17 - FRANKE, N. and MATHEWS, R. (2013) – “C&A's Water Footprint Strategy: Cotton Clothing Supply Chain”.
- 18 – ERCIN, A.E.; ALDAYA, M.M. and HOEKSTRA, A.Y. (2011) – “Corporate water footprint accounting and impact assessment: The case of the water footprint of a sugar-containing carbonated beverage”. Water Resources Management, 25(2): 721-741.
- 19 – MEKONNEN, M.M. and HOEKSTRA, A.Y. (2010) “The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products”, Value of Water Research Report Series No.48, Main Report Volume 1, UNESCO-IHE.

- 20 – ALDAYA, M.M. and HOEKSTRA, A.Y. (2009) – “The water needed to have Italians eat pasta and pizza”. Value of Water Research Report Series No.36, UNESCO-IHE.
- 21 - CAZCARRO, I.; HOEKSTRA, A.Y. and SÁNCHEZ CHÓLIZ, J. (2014) – “The water footprint of tourism in Spain”. Tourism Management. 40: 90-101.
- 22 – VANHAM, D.; MEKONNEN, M.M. and HOEKSTRA, A.Y. (2013) - The water footprint of the EU for different diets”. Ecological Indicators. 32: 1-8.
- 23 – ERCIN, A.E. and HOEKSTRA, A.Y. (2012) - “Water footprint scenarios for 2050: A global analysis and case study for Europe”. Value of Water Research Report Series No. 59, UNESCO-IHE.
- 24 - ERCIN, A.E.; MELONNEN, M.M and HOEKSTRA, A.Y. (2012) – “The water footprint of France”. Value of Water Research Report Series No. 56, UNESCO-IHE.
- 25 - ERCIN, A.E.; MEKONNEN, M.M and HOEKSTRA, A.Y. (2012) – “The water footprint of Switzerland”. Value of Water Research Report Series No. 57, UNESCO-IHE.
- 26 – UNGER, K.; ZHANG, G. and MATHEES, R. (2013) – “Water Footprint Assessment Results and Learning: Tata Chemicals, Tata Motors, Tata Power, Tata Steel”. Tata Quality Management Services, International Finance Corporation, and Water Footprint Network.
- 27 - Associação Têxtil e Vestuário de Portugal. [Consult. 10 Maio.2014]. Disponível na internet: URL: <http://www.atp.pt/>
- 28 – Decreto-Lei n.º 169/2012, de 1 de Agosto. Diário da Republica n.º 148 – 1ª Série. Assembleia da República. Lisboa.
- 29 - EuroClusTex. Análise da Indústria Têxtil e Vestuário no Norte de Portugal e Galiza: Consolidação da Complementaridade do “Cluster” Transfronteiriço na Euro região, 2009. ´
- 30 – VASCONSELOS, Eva - Análise da Indústria Têxtil e do Vestuário, 2006. Estudo EDIT VALUE Empresa Júnior N.º 02.
- 31 – Agência Portuguesa do Ambiente: Plano Nacional da Água. Fevereiro, 2002.
- 32 – Associação Têxtil e Vestuário de Portugal. A Indústria Têxtil e Vestuário Portuguesa. Maio, 2013.
- 33 – Decreto-Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. Diário da República n.º 249 – I Série A. Assembleia da República. Lisboa.
- 34 – Plano de Gestão de Região Hidrográfica que integram a Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH 2) – Relatório Técnico.
- 35 – Plano de Gestão de Região Hidrográfica que integram a Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH 2) – Anexo III.
- 36 - Associação Portuguesa do Ambiente. [Consult. 27 Abril 2014] Disponível na internet: URL: <http://www.apambiente.pt/?ref=17&subref=826&sub2ref=837>
- 37- Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos. [Consult. 30 Abril 2014] Disponível na internet: URL: <http://snirh.pt/>
- 38 - GERBENS-LEENES, P.W.; HOEKSTRA, A.Y. and VAN DER MEER, Th.H. (2008) “Water footprint of bio-energy and other primary energy carriers”.
- 39 – Direção Geral de Energia e Geologia. Combustíveis Fósseis – Estatísticas Rápidas, nº104. Janeiro, 2014.
- 40 –GLASSMAN, D., et al. (2011) “The Water-Energy Nexus”.
- 41 –MACKNICK, J., et al. (2011) “A Review of Operational Water Consumption and Withdrawal Factors for Electricity Generating Technologies”. NREL.



- 42 - Galp Energia. [Consult. 30 Maio 2014] disponível na internet: URL: <http://www.galpenergia.com/PT/ProdutosServicos/Produtos/Eletricidade/Centro-de-informacao/A-nossa-Energia/Paginas/A-nossa-Energia.aspx>
- 43 – Decreto-Lei n.º 141/2010, de 31 de Dezembro. Diário da República n.º 253 – 1ª Série. Assembleia da República. Lisboa.
- 44 – International Organization for Standardization. [Consult. 9 Abril 2014] Disponível na internet: URL: <http://www.iso.org/iso/news.htm?refid=Ref1760>
- 45- WANG, Lai-li and DING, Xue-Mei (2014) – “The introduction of Water Footprint methodology into the textile industry”. ISSN 1222-5347. vol. 65, nº1.



## ANEXOS

### A. DEFINIÇÕES

Neste anexo, encontram-se definidos alguns conceitos considerados relevantes relativos a expressões utilizadas:

**Inputs:** Caracteriza-se pelo conjunto de elementos que entra na produção de bens ou serviços.

**Bacia Hidrográfica:** é definida como a área terrestre delimitada topograficamente a partir da qual todas as águas fluem para o mar, através de uma sequência de rios, ribeiros ou eventualmente lagos, desaguardando numa única foz, estuário ou delta <sup>[A1]</sup>.

**Poder calorífico superior:** é definido como a quantidade de energia libertada sob forma de calor na combustão completa de um determinado volume de gás com o ar. É uma propriedade importante para definir a energia contida nos combustíveis e assim avaliar a sua eficiência <sup>[A2]</sup>.

**Água virtual:** É definida como a quantidade de água gasta para produzir um bem, produto ou serviço, ou seja, é uma medida indireta dos recursos hídricos consumidos. A água virtual está relacionada com o produto, não apenas no sentido visível (físico), mas também no sentido “virtual”, considerando a água necessária aos processos produtivos. A pegada hídrica também se pode referir à água utilizada para produzir um determinado produto, nesse contexto pode-se falar em “conteúdo de água virtual” do produto, em vez de pegada hídrica. Mas o conceito de pegada hídrica tem uma aplicação mais ampla, uma vez que pode ser calculada para consumidores e produtores. Além disso, a pegada hídrica é um indicador multidimensional, visto que além do volume de água utilizado, mostra a origem da água, informação fundamental para a avaliação dos impactos causados <sup>[A3]</sup>.

**Relação de Banho:** é definida como a quantidade de água necessária por quantidade de malha a processar. Por exemplo, uma relação de banho de 1:10 significa que por cada quilograma de malha serão introduzidos 10 litros de água no processo.

**Máquinas de Abrir:** Equipamento utilizado, entre o setor de tinturaria e acabamentos, para abrir e espremer a malha. É o primeiro processo de remoção mecânica da água, retirando cerca de 70 % da água incorporada no processo de tingimento.

A1 - Decreto-Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro. Diário da República n.º 249 – I Série A. Assembleia da República. Lisboa.

A2 - SHAGUFTA, U. Patel, et al., Estimation of gross calorific value of coals using artificial neural networks, Fuel, Volume 86, Issue 3, February 2007, Pages 334-344, ISSN 0016-2361, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2006.07.036>.

A3 - HOEKSTRA, Arjen Y., et al. Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: Estabelecendo o Padrão Global. Water Footprint Network, 2011.



## B. DIAGRAMA GERAL DE FABRICO

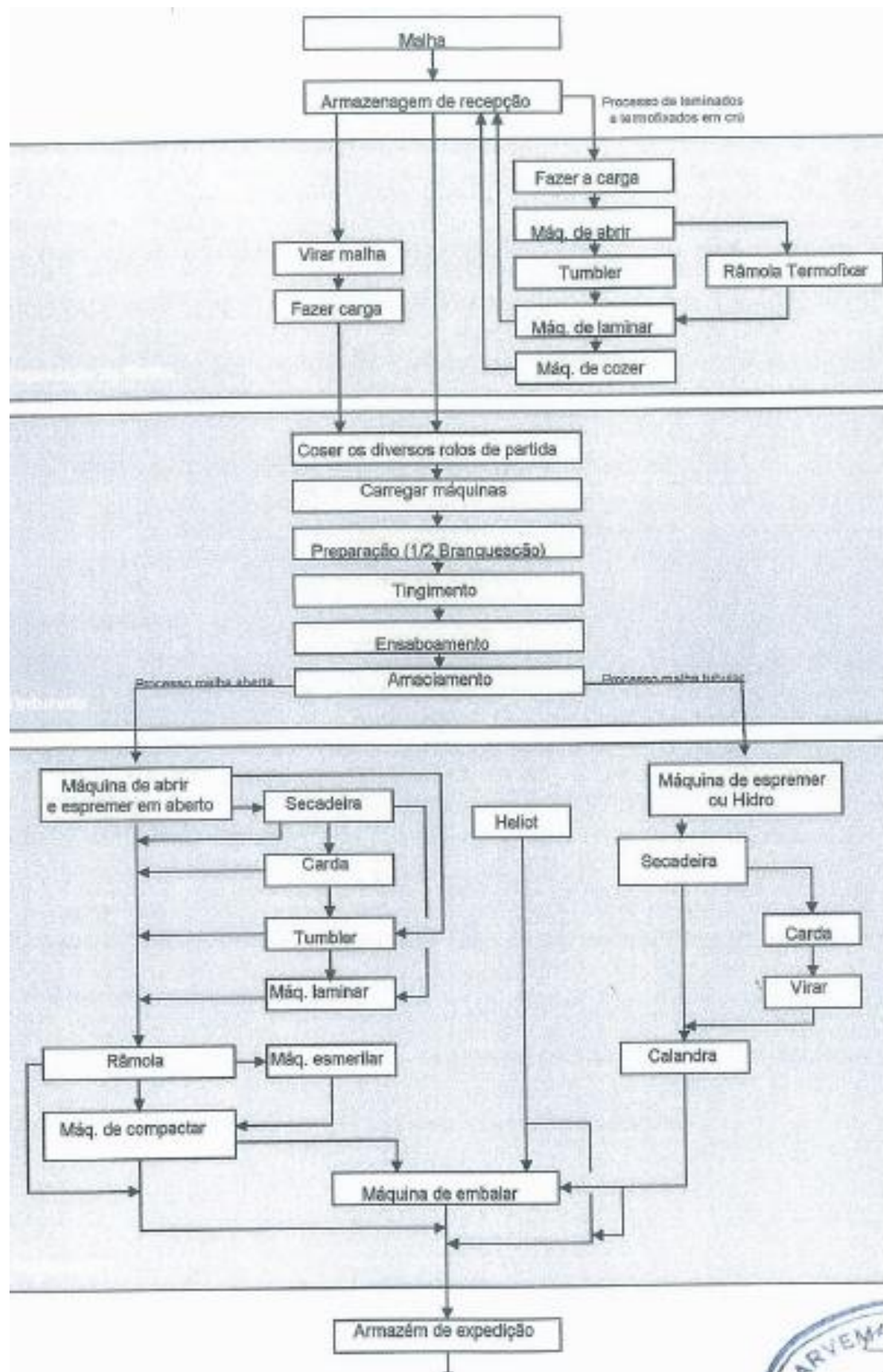


Figura 16 – Diagrama geral de fabrico da Carvema Têxtil.



## C. FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis são definidas como substratos de origem químicos ou naturais, constituídos por macromoléculas lineares, que apresentem características específicas de modo a tornar viável a sua utilização na produção têxtil. Existem diversos tipos de fibras que são classificadas da seguinte forma <sup>[C1][C2]</sup>:

- **Fibras Têxteis Naturais:** São todas as fibras existentes na natureza, que apenas sofrem processos físicos para as tornar aptas para o uso. Estas podem ser divididas conforme a sua origem, nomeadamente fibras de origem animal (seda, lã, etc.), de origem vegetal (algodão, linho, etc.) e de origem mineral (amianto).
- **Fibras Têxteis Químicas (Não Naturais):** São fibras têxteis obtidas pelo homem através de processos químicos. Estas dividem-se em 2 tipos:
  - **Fibras Têxteis Artificiais:** Encontram-se na Natureza, mas para a sua utilização são necessários processos químicos utilizados pelo homem. Para estas fibras temos por exemplo as fibras originadas a partir da celulose, nomeadamente a Viscose (Celulose Regenerada), o Cupramónio (derivado da celulose), entre outras.
  - **Fibras Têxteis Sintéticas:** Não existem na Natureza, são sintetizadas pelo homem através de matérias-primas como o petróleo. São exemplos de fibras sintéticas as poliamidas (nylon), o poliéster, os elastanos (Lycra), o polipropileno e o acrílico.

C1 - ROMERO, et. al, Fibras Artificiais e Sintéticas, 2005.

C2 - Sousa, A.B. Fibras têxteis. 18 Janeiro, 2009.





## D. OPERAÇÕES REALIZADAS NO SETOR DE ACABAMENTOS

Para uma melhor compreensão dos processos de realizados no setor acabamentos da Carvema, segue-se uma breve descrição dos mesmos:

**Secagem:** Com esta operação é realizada a secagem térmica da malha.

**Ramolagem:** Com esta operação é feito o acabamento químico das malhas. Através do processo adequado para cada artigo, em termos de temperatura, velocidade da máquina, sobrealimentação, etc. e da receita selecionada, são conferidas ao artigo as características pretendidas: largura, peso/m<sup>2</sup>, estabilidade dimensional, toque.

**Sanforização:** Com esta operação é realizado o acabamento mecânico das malhas. A sanforização consiste na passagem da malha por um feltro, com pressão, temperatura, vapor de água e velocidade controlados, de forma a obter-se um artigo com ligeiramente mais brilho, com melhor estabilidade dimensional e maior peso/m<sup>2</sup>.

**Compactação:** Tal como na sanforização, com esta operação é realizado o acabamento mecânico das malhas. Esta operação consiste na passagem da malha por um manchão de borracha, com pressão, temperatura, vapor de água e velocidade controlados, de forma a obter-se um artigo mais brilhante, com melhor estabilidade dimensional e maior peso/m<sup>2</sup>.

**Cardação:** Consiste num acabamento mecânico, conseguido através da passagem da malha por puados metálicos, fazendo levantar o pelo, numa ou nas duas superfícies, conferindo-lhe um toque mais macio e fofo, tornando o artigo mais quente (por causa da retenção de ar entre os pelos). Esta operação é sazonal, pois é realizada essencialmente em artigos para o inverno.

**Calandragem:** Acabamento das malhas sob forma tubular. Esta operação é essencialmente realizada sobre os artigos (rib para os punhos das peças e golas) considerados acessórios num lote, pois são uma pequena parte deste (malha principal que constitui o lote e que é acabada em aberto). Esta operação consiste numa “passagem a ferro” do artigo, conferindo-lhe um toque mais sedoso, um aspeto mais regular e uma certa estabilidade.

**Laminagem:** Operação de corte mecânico da superfície das malhas. Pode-se obter uma malha felpa com efeito veludo cortando parte das argolas, em duas fases, antes e após tingimento. É possível também fazer laminagem de malha cardada, ou fazer o anti pilling mecânico, que consiste em eliminar o borboto formado por fibras curtas durante o tingimento da malha. Esta operação é sazonal e esporádica, realiza-se essencialmente em artigos para o Inverno.



## E. DIAGRAMA GERAL DE UM PROCESSO DE TINGIMENTO

A figura 17 representa a variação da temperatura, em função do tempo, nas várias fases de um processo de tingimento realizado num Jet.

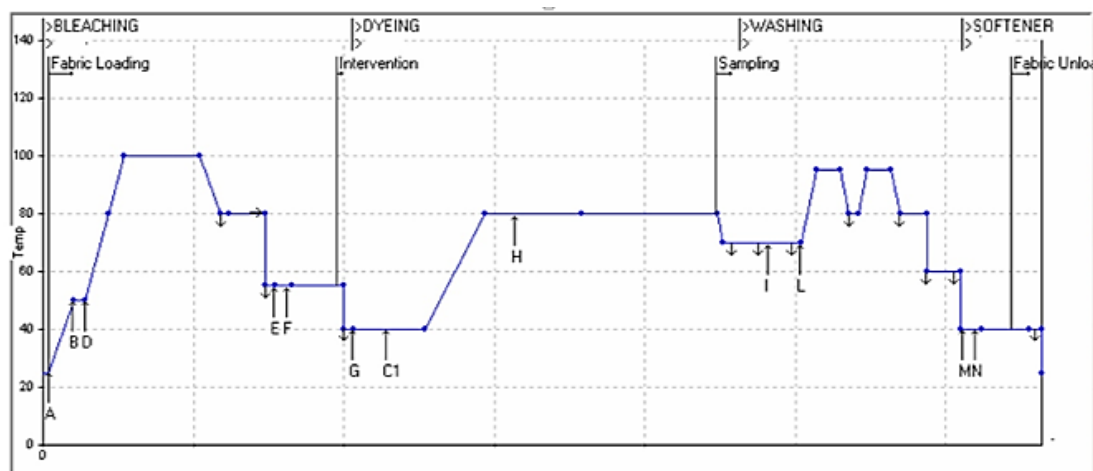


Figura 17 – Diagrama geral de um processo de tingimento [E1].

Na figura anterior, pode-se observar as variações de temperatura ocorridas ao longo das 3 fases de um processo de tingimento. Encontra-se representado o processo designado meio-branco (*Bleaching*) (fase 1), o processo de tingimento (fase 2) e para a fase 3, o processo de lavagem e amaciamento. As variações representadas sofrem algumas variações, consoante a especificidade dos tratamentos aplicados. O consumo de água nos processos não se encontra representado, uma vez que dependerá das relações de banho adotadas. É de salientar que o símbolo “↓”, representa o momento de descarga do efluente. Após essa descarga, o *Jet* inicia o enchimento de água, de acordo com a sua capacidade.



## F. COMPONENTES DA TRH

A Taxa de Recursos Hídricos (TRH) <sup>[1]</sup> é um instrumento económico e financeiro que visa compensar o benefício que resulta da utilização privativa do domínio público hídrico, o custo ambiental inerente às atividades suscetíveis de causar um impacto significativo nos recursos hídricos, bem como os custos administrativos inerentes ao planeamento, gestão, fiscalização e garantia da quantidade e qualidade das águas. São sujeitos passivos da TRH todas as pessoas, singulares ou coletivas, que realizem as utilizações referidas anteriormente estando, ou devendo estar, munidas para o efeito dos necessários títulos de utilização.

A aplicação das componentes é cumulativa, ou seja, para uma mesma utilização, por exemplo a captação de água, pode haver lugar ao pagamento de mais do que uma componente. Mesmo que não seja aplicável uma ou mais componente a determinada utilização, as outras são sempre calculadas. A base tributável da TRH é constituída por 5 componentes:

**Componente A:** corresponde à utilização privativa de águas do domínio público hídrico do Estado (DPHE), calculando-se pela aplicação de um valor de base (em €/m<sup>3</sup>) (tabela 27) ao volume de água captado, desviado ou utilizado, multiplicado pelo coeficiente de escassez se não se tratar de águas marinhas (integram as águas costeiras e territoriais, mas não as águas de transição);

**Tabela 27** – Valor base da taxa aplicada para o cálculo da componente A.

Art. 7º nº 2 (Dec. Lei nº97/2008)	Valor Base (€/m <sup>3</sup> )
Agricultura, piscicultura, aquacultura, marinhas e culturas biogenéticas	0,003
Produção de energia hidroelétrica	0,00002
Produção de energia termoelétrica	0,0027
Sistemas de água de abastecimento público	0,013
Demais Casos	0,015

**Componente E:** corresponde à descarga, direta ou indireta, de efluentes sobre os recursos hídricos, suscetíveis de causar impacto significativo, calculando-se pela aplicação de um valor de base (em €/m<sup>3</sup>) (tabela 28) à quantidade de poluentes contidos na descarga, expressa em quilograma. Nesta componente não se considera descarga de efluentes a restituição ao meio hídrico de águas empregues na produção de energia ou na refrigeração industrial;

**Tabela 28** – Valor base da taxa aplicada para o cálculo da componente E.

Art. 8º nº 2 (Dec. Lei nº97/2008)	Valor Base (€/m <sup>3</sup> )
Matéria Oxidável	0,31
Azoto Total	0,13
Fósforo Total	0,16

Com base nos custos apresentados e tendo em conta os poluentes acima referidos, a matéria oxidável é calculada pela seguinte equação, de acordo com o Artigo 8º do Decreto-Lei nº 97/2008.

$$MO = \frac{(CQO + 2 \times CBO_5)}{3} \quad (1)$$

**Componente I:** corresponde à extração de inertes do DPHE, calculando-se pela aplicação de um valor de base (em €/m<sup>3</sup>) ao volume de inertes extraídos, expresso em metro cúbico. Considera-se como fator de conversão volume/massa de areia seca o valor de 1,6 t/m<sup>3</sup>.

**Componente O:** corresponde à ocupação de terrenos do DPHE e à ocupação e criação de planos de água, calculando-se pela aplicação de um valor de base (em €/m<sup>2</sup>) à área ocupada, expressa em metro quadrado. As condutas, cabos, moirões e demais equipamentos que ocupem o DPHE de modo que possa apenas ser expresso em metros lineares estão sujeitos ao pagamento da TRH por metro linear.

**Componente U:** corresponde à utilização privativa de águas, qualquer que seja a sua natureza legal, sujeitas a planeamento e gestão públicos, suscetíveis de causar impacte significativo, calculando-se pela aplicação de um valor de base (em €/m<sup>3</sup>) ao volume de água captado, desviado ou utilizado, expresso em metro cúbico.

Os valores de base referentes a cada componente estão indicados no Decreto-Lei n.º 97/2008 e consideram-se automaticamente atualizados todos os anos por aplicação do índice de preços no consumidor, publicado pelo INE.

## G. VALORES REFERÊNCIA PARA A CLASSIFICAÇÃO DO SNIRH

Na tabela seguinte apresentam-se os valores de referência para os parâmetros que estão na base da classificação das massas de água pelo SNIRH <sup>[G1]</sup>.

**Tabela 29** – Valores de referência para todos os parâmetros considerados pelo SNIRH <sup>[G1]</sup>.

PARÂMETRO:	UNIDADES:	A		B		C		D		E
		Excelente		Boa		Razoável		Má		Muito má
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	-
Arsénio	mg/l As	-	0,01	-	0,05	-	-	-	0,1	>0,1
Azoto Kjeldahl	mg/l N	-	0,5	-	1	-	2	-	3	>3
Azoto amoniacal	mg/l NH <sub>4</sub>	-	0,5	-	1,5	-	2,5	-	4	>4
CBO <sub>5</sub>	mg/l O <sub>2</sub>	-	3	-	5	-	8	-	20	>20
CQO	mg/l O <sub>2</sub>	-	10	-	20	-	40	-	80	>80
Chumbo	mg/l Pb	-	0,05	-	-	-	0,1	-	0,1	>0,1
Cianetos	mg/l CN	-	0,05	-	-	-	0,08	-	0,08	>0,08
Cobre	mg/l Cu	-	0,05	-	0,2	-	0,5	-	1	>1
Coliformes fecais	/100 ml	-	20	-	2 000	-	20 000	-	>20 000	
Coliformes totais	/100 ml	-	50	-	5 000	-	50 000	-	>50 000	
Condutividade	μS/cm, 20°C	-	750	-	1 000	-	1 500	-	3 000	>3 000
Crómio	mg/l Cr	-	0,05	-	-	-	0,08	-	0,08	>0,08
Cádmio	mg/l Cd	-	0,001	-	0,005	-	0,005	-	>0,005	
Estreptococos fecais	/100 ml	-	20	-	2 000	-	20 000	-	>20 000	
Fenois	mg/l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	-	0,001	-	0,005	-	0,01	-	0,1	>0,1
Ferro	mg/l Fe	-	0,5	-	1	-	1,5	-	2	>2
Fosfatos P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	0,4	-	0,54	-	0,94	-	1	>1
Fósforo P	mg/l P	-	0,2	-	0,25	-	0,4	-	0,5	>0,5
Manganês	mg/l Mn	-	0,1	-	0,25	-	0,5	-	1	>1
Mercurio	mg/l Hg	-	0,0005	-	-	-	0,001	-	0,001	>0,001
Nitratos	mg/l NO <sub>3</sub>	-	5	-	25	-	50	-	80	>80
Oxidabilidade	mg/l	-	3	-	5	-	10	-	25	>25
Oxigénio dissolvido (saturado)	% saturação de O <sub>2</sub>	90	-	70	-	50	-	30	-	<30
Selénio	mg/l Se	-	0,01	-	-	-	0,05	-	0,05	>0,05
Substâncias tensoativas	mg/l, sulfato de lauril e sódio	-	0,2	-	-	-	0,5	-	0,5	>0,5
SST	mg/l	-	25	-	30	-	40	-	80	>80
Zinco	mg/l Zn	-	0,3	-	1	-	3	-	5	>5
pH	Escala Sorensen	6,5	8,5	5,5	9	5	10	4,5	11	>11

G1 - Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos. [Consult. 30 Abril 2014] Disponível na internet: URL: <http://snirh.pt/>





## H. CÁLCULOS RELATIVOS À PEGADA HÍDRICA CINZA

Na tabela 30, apresentam-se os cálculos, relativos à pegada hídrica cinza, efetuados de acordo com a metodologia anteriormente descrita (subcapítulo 2.3.3).

**Tabela 30** – Pegada hídrica para todos os poluentes caracterizados.

Período	Volume Captado (m³)	Efluente Industrial (m³)	PH cinza CQO		PH cinza CBO <sub>5</sub>	
			m³	m³/t	m³	m³/t
Janeiro	48 300	43 240	136 191	500	152 819	561
Fevereiro	46 000	41 062	101 823	427	98 070	411
Março	54 190	48 818	98 773	330	54 291	182
Abril	60 530	54 874	193 720	641	194 646	644
Maiο	56 990	51 334	204 813	718	225 751	792
Junho	51 140	46 648	177 435	721	179 089	728
Julho	61 120	55 629	107 621	357	62 451	207
Agosto	15 900	13 392	20 705	308	-9 981	-149
Setembro	57 892	52 507	346 412	1 130	51 257	167
Outubro	65 870	60 638	95 831	265	120 749	334
Novembro	64 634	59 773	50 927	150	110 763	327
Dezembro	45 760	41 336	-16 825	-72	4 750	20
Total	628 326	569 251	1 534 252	472	1 254 634	386

Pela análise da tabela 30, constata-se que o parâmetro CQO apresenta a maior pegada hídrica cinza, logo é considerado como o poluente crítico. Como seria de esperar, verifica-se que quanto menor é a concentração de poluentes no efluente em relação à concentração na água captada, menor é a pegada hídrica cinza associada.



## I. DADOS RELATIVOS AO ESCOAMENTO ANUAL MÉDIO

Na tabela 31, encontram-se descritos os dados relativos ao escoamento mensal medido na estação Barcelos (04F/02H), relativos a 1980, 1981, 1982, 1987 e 1989. São também apresentados os resultados relativos ao escoamento anual calculado.

**Tabela 31** – Dados relativos à monitorização ao escoamento mensal relativos a 1980, 1981, 1982, 1987 e 1989 <sup>[1]</sup>.

Data	hm <sup>3</sup>	Data	hm <sup>3</sup>
01-01-1980	233	01-01-1987	220
01-02-1980	238	01-02-1987	250
01-03-1980	210	01-03-1987	168
01-04-1980	168	01-04-1987	210
01-05-1980	150	01-05-1987	108
01-06-1980	111	01-06-1987	77
01-07-1980	69	01-07-1987	81
01-08-1980	65	01-08-1987	68
01-09-1980	39	01-09-1987	54
01-10-1980	89	01-11-1987	246
01-11-1980	133	01-12-1987	299
01-12-1980	126	01-01-1989	81
01-01-1981	106	01-02-1989	73
01-02-1981	66	01-03-1989	132
01-03-1981	139	01-04-1989	105
01-04-1981	145	01-05-1989	73
01-05-1981	128	01-06-1989	68
01-06-1981	94	01-07-1989	66
01-07-1981	80	01-08-1989	56
01-08-1981	55	01-10-1989	54
01-09-1981	89	01-11-1989	105
01-10-1981	157	01-12-1989	517
01-11-1981	116		
01-12-1981	386		
01-01-1982	392		
01-02-1982	233		
01-03-1982	219		
01-04-1982	136		
01-05-1982	99		
01-06-1982	113		
01-07-1982	111		
01-08-1982	80		
01-09-1982	83		
01-10-1982	150		
01-11-1982	175		
01-12-1982	315		

A partir dos dados apresentados na tabela 31, determinou-se um escoamento mensal médio de 145 hm<sup>3</sup> e um escoamento anual médio de 1 682 hm<sup>3</sup>. É importante salientar que, não existem medições a partir de 1990 e os restantes anos (1979, 1983, 1984, 1985, 1986, 1988, 1990) não foram considerados, devido à falta de dados para alguns meses.

I1 - Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos. [Consult. 30 Abril 2014] Disponível na internet: URL: <http://snirh.pt/>